

## CONTENIDO

1	GENERALIDADES .....	1-1
1.1	INTRODUCCIÓN.....	1-1
1.2	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	1-1
1.2.1	Localización general .....	1-1
1.2.2	Generalidades.....	1-2
1.2.3	Área de estudio .....	1-3
1.3	OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO .....	1-4
1.3.1	Objetivo general .....	1-4
1.3.2	Objetivos específicos .....	1-4
1.3.3	Alcances del estudio .....	1-4
1.3.3.1	Estudios básicos .....	1-4
1.3.3.2	Evaluación de amenazas .....	1-5
1.3.3.3	Evaluación de vulnerabilidad.....	1-5
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.....	1-6
1.4.1	Evaluación preliminar .....	1-6
1.4.2	Elaboración de la cartografía base .....	1-6
1.4.3	Análisis geológico y geomorfológico.....	1-6
1.4.4	Análisis hidrológico .....	1-6
1.4.5	Análisis hidráulico .....	1-7
1.4.6	Análisis geotécnico .....	1-7
1.4.7	Análisis detallado de la amenaza .....	1-7
1.4.8	Análisis detallado de la vulnerabilidad.....	1-8
1.4.9	Evaluación del riesgo .....	1-8
1.4.10	Plan de medidas de mitigación de riesgos.....	1-9
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 TURBO –CANALES**

### **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, en el departamento de Antioquia, 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.



**Figura 1-1. Localización general del municipio de Turbo**

### 1.2.2 Generalidades

Turbo es el municipio más grande de Antioquia y está conformado por 17 corregimientos y 230 veredas, que junto con su casco urbano son habitados por cerca de 113 mil habitantes. Se encuentra a una distancia 373 km de la ciudad de Medellín, desde donde se accede por la Carretera al Mar. Por el Norte limita con los municipios de Necoclí y Arboletes, por el Este con los municipios de San Pedro de Urabá, Apartadó, Carepa y Chigorodó, por el Sur limita con el municipio de Mutatá y por el Oeste con los municipios de Río Sucio y Unguía.

La extensión total del municipio es de 3.055 km<sup>2</sup> y la de la zona urbana es de 11.9 km<sup>2</sup>. La altitud de la cabecera municipal es de 2 m.s.n.m, la temperatura media es de 28° C. La dinámica económica del municipio gira principalmente alrededor de la exportación de banano y plátano, aunque los demás productos como maíz, arroz, yuca y algunos cultivos de plátano se encuentran en pequeños valles intramontanos.

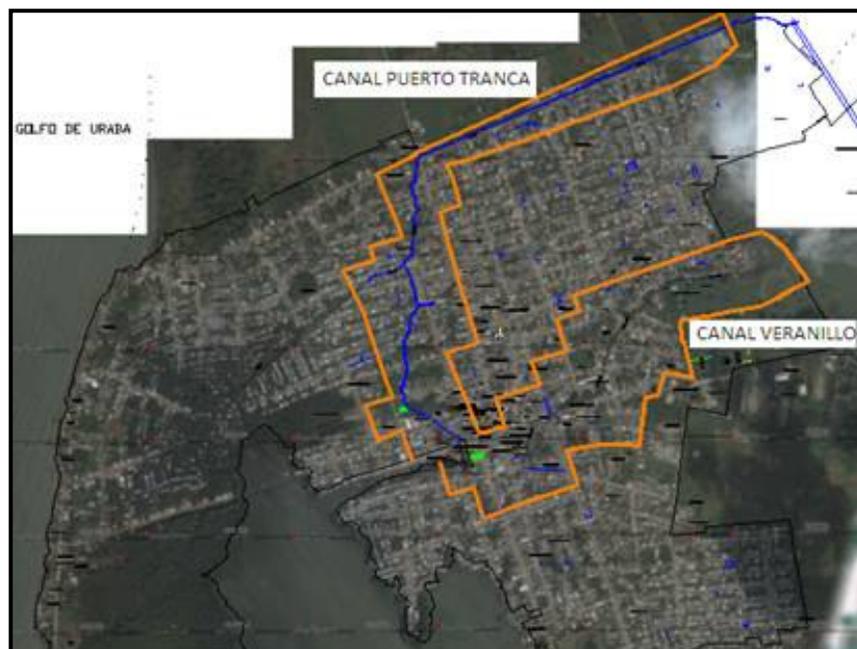
En la Figura 1-2 se presenta una vista general del casco urbano del municipio de Turbo.



**Figura 1-2 Vista general del casco urbano del municipio de Turbo**

### **1.2.3 Área de estudio**

La zona de estudio, se en cuenta dentro del casco urbano del municipio de Turbo, siendo la franja de interés el trazado del canal Veranillo en la parte sur del municipio y del canal Puerto Tranca en la parte norte y central del mismo y sus áreas de influencia respectivas, según se muestra en la Figura 1-3.



**Figura 1-3 Zona de estudio municipio de Turbo**

## 1.3 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO

### 1.3.1 Objetivo general

El objetivo general es realizar el estudio de zonificación de amenazas y riesgos de origen natural y antrópico del área urbana del municipio de Turbo 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 Turbo, siendo estructurado por los siguientes elementos:

- Realizar una zonificación de amenazas, vulnerabilidad y Riesgo en las áreas urbanas de cada municipio de acuerdo con 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 Turbo, asociada a las zonas de estudio de los canales Veranillo y Puerto Tranca, 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 de las corrientes de agua de interés. Se contempla la realización de análisis del drenaje del área urbana incluyendo la evaluación de fenómenos como las Inundaciones.

- *Exploración geotécnica:* Se realizará en aquellas zonas donde se requiera caracterizar las condiciones geotécnicas de acuerdo con 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 en una base cartográfica 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 a 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**

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.

#### **1.4.10 Plan de medidas de mitigación de riesgos**

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

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

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

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

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

#### **1.4.13 Informe final**

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

## CONTENIDO

2	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.....	2-4
2.3.2	Caracterización física.....	2-5
2.3.2.1	Caracterización Geológica – Geomorfológica .....	2-5
2.3.2.2	Caracterización Climatológica e Hidrológica .....	2-5
2.3.2.3	Caracterización hidráulica.....	2-5
2.3.2.4	Investigación Geotécnica .....	2-6
2.4	MODELOS Y METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS.....	2-6
2.4.1	Evaluación de la amenaza por inundación .....	2-6
2.4.2	Análisis de vulnerabilidad.....	2-7
2.4.3	Riesgo frente a la ocurrencia de los eventos amenazantes.....	2-7
2.5	PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCION DEL RIESGO .....	2-8
2.5.1	Restricción del uso del suelo.....	2-9
2.5.2	Reubicación de familias .....	2-9
2.5.3	Obras de protección y control.....	2-9
2.5.4	Definición de zonas de aislamiento .....	2-10
2.5.5	Información pública .....	2-10
2.5.6	Plan de gestión con el municipio para la incorporación de los resultados a los POT .....	2-10
2.6	MARCO METODOLÒGICO .....	2-11
2.6.1	Análisis detallado de la amenaza .....	2-11
2.6.2	Análisis detallado de la vulnerabilidad.....	2-13
2.6.3	Análisis detallado del riesgo.....	2-14

## **2 DIAGNÓSTICO CONCEPTUAL**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

Se presenta en esta sección la conceptualización del estudio y la problemática de riesgo socio natural por inundación a partir de la valoración respectiva de la amenaza y la vulnerabilidad asociada a la dinámica de los valles de los canales Veranillo y Puerto Tranca en el área urbana del Municipio de Turbo, localizado en la región del Urabá Antioqueño.

### **2.2 DESCRIPCIÓN Y CAUSAS DEL PROBLEMA**

El casco urbano del municipio de Turbo está localizado en la parte centro-oriental del golfo de Urabá frente a la desembocadura del río Atrato y en el sector de línea litoral conocido como la Espiga de Turbo y Bahía del mismo nombre. En él habitan 42.452 personas. Los caños, Puerto Tranca, Veranillo y Waffe hacen parte del sistema natural de drenaje del río Turbo y atraviesan la zona urbana hasta su desembocadura en la Bahía de Turbo, y en la historia de este poblado han pasado de ser soporte funcional del asentamiento humano a convertirse en cloacas urbanas que recorren las áreas urbanizadas.

Parte de este sistema natural de irrigación ha desaparecido por desecación o por urbanización y otros han aparecido por desvío de cauces para facilitar soluciones a represamientos o para solucionar problemas de aguas servidas. En general el sistema de canales no presenta ningún cuidado ambiental por parte de los habitantes, ni alguna acción administrativa de protección. Estos son receptores de las aguas servidas y de desechos sólidos de los barrios que se asentaron de manera paralela a los mismos.

La amenaza por inundación dentro del casco urbano de Turbo obedece a varios factores como el empozamiento por aguas lluvias, altos niveles freáticos, ausencia de un sistema de alcantarillado óptimo, subida de mareas y el desbordamiento de caños producidos por falta de capacidad hidráulica por obstrucción y en parte por el reflujo de la marea. Las casas que se encuentran sobre los márgenes de los caños Puerto Tranca y Veranillo se ven afectadas por desbordes y problemas de salubridad.

Algunas de las razones que configuran la condición de riesgo actual a que está expuesta la comunidad que se localiza sobre las zonas de ronda de los canales Veranillo y Puerto Tranca son las siguientes:

- Existen áreas urbanizadas ocupando zonas inundables de los canales.
- La zona urbana de los canales no cuenta con sistema para el manejo de las aguas residuales y de escorrentía.
- Las viviendas aledañas a los canales vierten directamente sobre éstos sus aguas servidas.

- Se presenta pérdida de la capacidad hidráulica de los canales por ser utilizados como zonas de botadero de desechos sólidos.

En la Figura 2-1 se presentan algunas fotografías en las que se muestra el aspecto actual del Canal Puerto Tranca mientras que en la Figura 2-2 se muestra el Canal Veranillo.



a) Tramo paralelo a la Calle 115



b) Ocupación del cauce paso por la zona urbana



c) Presencia de residuos sólidos y vegetación



d) Aspecto del canal antes de la entrega en el caño Waffe

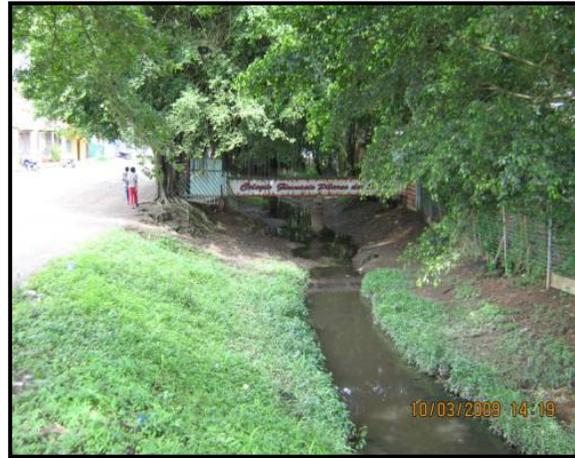
### Figura 2-1 Aspecto actual del canal Puerto Tranca

En la Figura 2-1 y en la Figura 2-2 se aprecia que estos canales reciben descargas de aguas servidas y basuras, además de encontrarse colmatados y obstruidos por vegetación en algunos sectores, y de darse la existencia de viviendas cerca o dentro de su cauce.

De acuerdo con la problemática de riesgo del área urbana de Turbo, identificada y expuesta, se busca a adelantar un estudio a nivel de detalle de los riesgos por inundación, fundamentado en la evaluación geomorfológica, hidrológica e hidráulica, así como las características urbanas y poblacionales del municipio.



a) Canal Veranillo en el sector La Lucila



b) Paso por el Colegio Gimnasio Pílares del Saber



c) Ocupación del cauce paso por la zona urbana



d) Aspecto del canal antes de la entrega en el caño Waffe

**Figura 2-2 Aspecto actual del canal Veranillo**

Es de anotar que además de los eventos de inundación que generan un riesgo socio natural, se configura una problemática ambiental al presentar estos cursos de agua altos niveles de contaminación que se traducen en problemas de salubridad de la población. Este aspecto no se encuentra dentro de los alcances del presente estudio, por lo cual debe ser tratado por el municipio.

El estudio de la problemática de inundación de los canales Veranillo y Puerta Tranca 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 por inundación, se debe elaborar 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.

## 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 generara un mapa base.

#### 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, edificaciones, vías, cercas, etc.

La información topográfica de la zona se levanta a escala 1:2000, con curvas de nivel cada 0.50 m. y debidamente amarrado a placas del IGAC bajo el nuevo sistema de georeferenciación Magna Sirgas. Contempla los alineamientos de los canales desde su entrada al casco urbano hasta su desembocadura al mar, en una longitud aproximada de 4.8 km, definiendo secciones transversales cada 50 m o menos, de tal manera que permitan adelantar sobre las mismas la modelación hidráulica de los canales.

#### 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, unidades de superficie y procesos de erosión. Así el levantamiento geológico de detalle se hará a escala 1:2000, y comprende lo observado en el el reconocimiento de campo. La evaluación geológica se orienta principalmente hacia la obtención de un modelo geológico y estratigráfico de la zona. De otro lado la evaluación geomorfológica incluye los aspectos regionales mediante el análisis de información secundaria y de los aspectos locales a partir del levantamiento detallado de las características morfo métricas y morfo dinámicas de los canales.

### *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 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.

El sistema de drenaje de las zonas afluentes a los canales se constituye en un factor primordial en la generación de procesos 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 que se pueden presentar en el área de estudio.

### *2.3.2.3 Caracterización hidráulica*

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

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

#### *2.3.2.4 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 de los canales Veranillo y Puerto Tranca.

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.

El trabajo de campo se complementará con un programa de ensayos de laboratorio (propiedades índices 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 diseños de ingeniería de las obras de mitigación y/o control de los riesgos evaluados.

## **2.4 MODELOS Y METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS**

De acuerdo con la naturaleza de las inundaciones, se realizará la evaluación y zonificación de la amenaza, 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 sujeta al modelo 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 por inundación 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 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 3 tipos de funciones de daño, cada una de ellas agrupando las 2 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 evalúan 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.

## 2.4.3 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)

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

Si conceptualmente se define la Vulnerabilidad como:  $V = \text{Exposición}(E) / (S)$  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 con la magnitud de las inundaciones, con los modos de daño establecidos para los elementos físicos y de acuerdo con la importancia 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 con 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 REDUCCION 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 tenerse 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 Turbo, 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 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 con 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 por inundación 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. 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 de los canales Puerto Tranca y Veranillo.

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 diseñaran las obras requeridas a corto plazo, que busquen controlar y minimizar los efectos de los riesgos inminentes.

Dentro de este tipo de acciones se debe contemplar a mediano o largo plazo la construcción de sistema de colectores de las aguas servidas como medida ambiental para los procesos de descontaminación de los cuerpos de agua de los canales.

#### **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 – Canales Puerto Tranca y Veranillo.

#### **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.

#### **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 Turbo en la zona aledaña a los canales Veranillo y Puerto Tranca.

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 Turbo en los sectores aledaños a los canales Veranillo y Puerto Tranca, se debe:

- **Identificar el tipo de evento generador de daño.** Reconocer y Diferenciar los detonantes causantes y/o amplificadores de la amenaza y así Identificar el tipo de evento generador de daño.
- **Determinar las características físicas del evento generador de daño.** Establecer las condiciones físicas bajo las cuales ocurre el evento generador de daño configura la hipótesis de partida en los análisis de Riesgo, la cual, en lo posible, debe acercarse al modelo real.

- **Características espaciales del evento.** Se debe localizar y estudiar la posible extensión espacial del evento. La magnitud de este está determinada principalmente por el tipo de proceso y por las condiciones en sitio de los factores permanentes o intrínsecos, y por la ocurrencia de los factores detonantes.
- **Análisis del evento.** Se refiere al análisis resultado del diagnóstico general realizado por las diferentes ramas de especialidades como: la geológica, hidrológica, hidráulica, social, etc., tanto de los factores intrínsecos como de los factores extrínsecos o disparadores. Los factores disparadores determinan generalmente la distribución temporal del evento dependiendo del tipo, se pueden expresar en términos de una función de probabilidad de ocurrencia.

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

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

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

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

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

Estas 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.

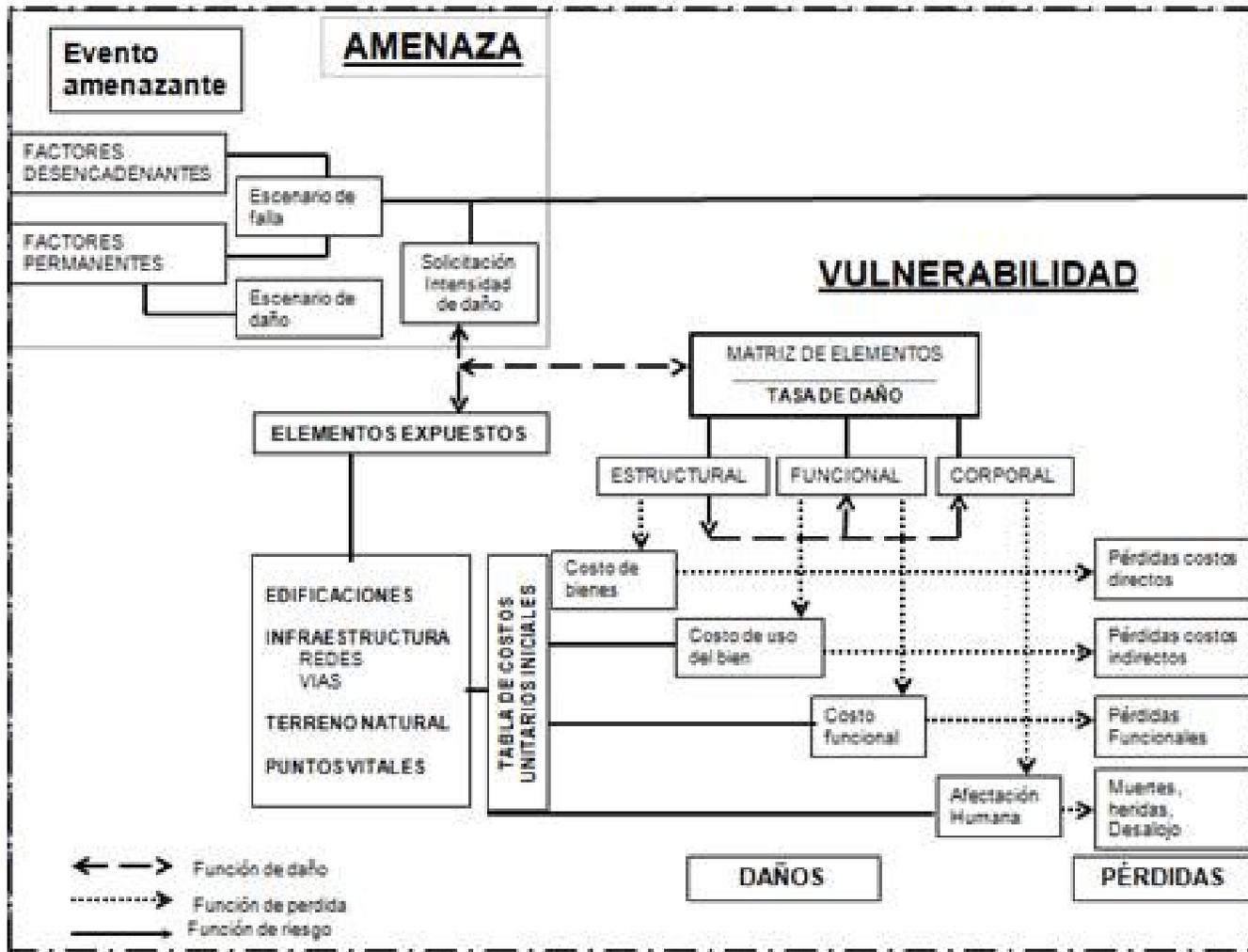


Figura 2-3 Diagrama de flujo para la evaluación del riesgo

## 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 Turbo.....	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.....	3-3
3.3.3.1	Cartografía POT.....	3-3
3.3.3.2	Cartografía DANE.....	3-3
3.3.3.3	Planchas IGAC.....	3-3
3.3.3.4	Google earth.....	3-3
3.3.3.5	Información catastral.....	3-4
3.3.4	Georreferenciación.....	3-4
3.3.4.1	Objetivo.....	3-4
3.3.4.2	Metodología.....	3-4
3.3.4.3	Equipos utilizados.....	3-7
3.3.5	Levantamientos topográficos y batimétricos.....	3-8
3.3.5.1	Objetivo.....	3-8
3.3.5.2	Metodología.....	3-8
3.3.5.3	Equipo utilizado.....	3-9
3.3.6	Generación mapa topográfico y batimétrico.....	3-9
3.3.7	Información predial a nivel de manzanas.....	3-10
3.4	GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	3-13
3.4.1	Geología – contexto regional.....	3-13
3.4.1.1	Estratigrafía.....	3-13
3.4.1.2	Rasgos estructurales.....	3-14
3.4.2	Geología - contexto local.....	3-14
3.4.3	Geomorfología.....	3-15
3.4.3.1	Contexto regional.....	3-15
3.4.3.2	Contexto local.....	3-17
3.4.4	Aspectos Hidrogeológicos.....	3-17
3.4.4.1	Contexto regional.....	3-17
3.4.4.2	Contexto local.....	3-18
3.5	HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA.....	3-18
3.5.1	Recopilación y análisis de la información existente.....	3-18
3.5.1.1	Cartografía.....	3-18
3.5.1.2	Hidrometeorología.....	3-18
3.5.1.3	Fuentes secundarias.....	3-19
3.5.2	Caracterización Climática Regional.....	3-20
3.5.2.1	Precipitación.....	3-20

3.5.2.2	Precipitación de Corta Duración: Curvas de Intensidad,-Duración y Frecuencia .....	3-21
3.5.2.3	Metodología de regionalización de los parámetros de las curvas.....	3-21
3.5.2.4	Isoyetas Medias Mensuales .....	3-22
3.5.2.5	Evapo-transpiración .....	3-22
3.5.2.6	Temperatura .....	3-22
3.5.2.7	Brillo Solar.....	3-23
3.5.2.8	Humedad Relativa.....	3-23
3.5.2.9	Clasificación climática de la zona de estudio.....	3-23
3.5.3	Estimación de caudales máximos Caño Puerto Tranca.....	3-23
3.5.4	Estimación de caudales máximo Caño Veranillo .....	3-25
3.6	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA .....	3-25
3.6.1	Exploración del subsuelo .....	3-26
3.6.1.1	Sondeos manuales .....	3-26
3.6.1.2	Pruebas de Campo .....	3-28
3.6.2	Ensayos de laboratorio.....	3-28
3.6.3	Caracterización geomecánica .....	3-28
3.6.3.1	Descripción de las propiedades geotécnicas encontradas .....	3-29
3.6.3.2	Perfil Geotécnico promedio .....	3-33
3.6.3.3	Parámetros de Resistencia al Corte.....	3-37
3.6.3.4	Parámetros de Compresibilidad .....	3-42
3.7	FACTOR ANTRÓPICO.....	3-43
3.7.1	Urbanismo y catastro .....	3-43
3.7.2	Vías.....	3-43
3.7.3	Manejo de aguas de escorrentía y alcantarillado.....	3-44
3.8	CARACTERIZACIÓN SOCIAL DE LA POBLACIÓN .....	3-45
3.8.1	Variables municipales .....	3-46
3.8.1.1	Población .....	3-46
3.8.1.2	Servicios públicos .....	3-47
3.8.1.3	Hogares .....	3-47
3.8.1.4	Las viviendas .....	3-47
3.8.2	Variables área de influencia.....	3-48
3.8.2.1	Población .....	3-48
3.8.2.2	Servicios públicos .....	3-49
3.8.2.3	Las viviendas .....	3-49

### **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 Turbo*

A continuación se presenta una relación de la información previa consultada para el municipio de Turbo:

- Plan de ordenamiento territorial municipio de Turbo. Convenio Corpourabá, Administración municipal, Universidad Nacional, Universidad de Antioquia, ESAP, 2000.
- Introducción al problema de la erosión litoral en Urabá (Sector Arboletes-Turbo) Costa Caribe colombiana. Iván D Correa y Georges Vernet. Boletín de Investigación Marina y Costera No 33, pp 7-28 INVEMAR. Santa Marta, 2004.
- Geología de la plancha 79 Turbo. Plancha a escala 1:100000. Ingeominas, 1999.
- Geología de los cinturones Sinú-San Jacinto. Planchas 50 Puerto Escondido, 51 Lorica, 59 Mulatos, 60 Canalete, 61 Montería, 69 Necoclí, 70 San Pedro de Urabá, 71 Planeta Rica, 79 Turbo, 80 Tierralta. Escala 1:100000. Memoria explicativa. Ingeominas, 2003.

- Evaluación de amenazas geológicas en el área urbana del municipio de Turbo. Ingeominas, 1993.
- Mapa zona urbana municipio de Turbo sectores, secciones, manzanas y vías. DANE, 1993.
- Plancha topográfica 79-II-C Escala 1:25000. IGAC, 1972.
- Fotografías aéreas 95-97Escala 1:10410 y 105-107Escala 1:10380. Vuelo C-2725. IGAC, 2004
- Fotografías aéreas 492,493 Escala 1:12100. Vuelo R-1148. IGAC, 1989
- Fotografías aéreas 43,44 Escala 1:9150. Vuelo R-735-9-76. IGAC, 1976
- Plan local de emergencias y contingencias municipio de Turbo. Corpourabá, 2008
- Plano catastral del municipio de Turbo. Alcaldía municipal de Turbo, 2004
- Valores totales mensuales de precipitación, valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, valores máximos mensuales de precipitación, valores medios mensuales de temperatura, valores medios mensuales de humedad relativa, valores totales mensuales de evaporación, valores totales mensuales de brillo solar, Aeropuerto Gonzalo Mejía. IDEAM, 1931-1984
- Valores totales mensuales de precipitación, valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, valores medios mensuales de temperatura, valores medios mensuales de humedad relativa, estación Turbo. IDEAM, 1985-2007
- Revista "Programa nacional de investigación para la prevención, mitigación y control de la erosión costera en Colombia PNIEC-Plan de acción 2009-2019". Invemar, 2009

### **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 Turbo con una porción de área 1190 hectáreas. Altimétricamente en la cabecera municipal se tiene una cota promedio de 2 msnm.

N 1388221 m E 1037859 m punto que indica el extremo noroccidental del área y  
 N 1386000 m E 1039746 m en el extremo suroriental del área de estudio

### 3.3.3 Cartografía existente

Para el estudio se consultaron Imágenes Satelitales y 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 9 planchas en formato digital del Plan de ordenamiento Territorial de Turbo. Esta cartografía presenta la información a la escala indicada en la Tabla 3-1.

**Tabla 3-1 Planos del POT de Turbo consultados para la realización del estudio**

Información	Escala	Fecha
Mapa POT zonas de amenaza en la cabecera municipal	1:25000	2000
Mapa POT geología y potencial minero municipio de Turbo	1:550000	2000
Mapa POT geomorfología municipio de Turbo	1:550000	2000
Mapa POT formulación de acciones urbanísticas en la cabecera municipal	1:25000	2000
Mapa POT áreas de ocupación inapropiada en el casco urbano	1:25000	2000
Mapa POT solución de evacuación de aguas residuales en la cabecera municipal	1:25000	2000
Mapa POT fase diagnóstico cuencas hidrográficas	1:550000	2000
Mapa POT evolución de la línea de costa	1:100000	2000
Mapa POT geomorfología costera municipio de Turbo	-	1999

#### 3.3.3.2 Cartografía DANE

Esta cartografía corresponde a un mapa digital (1993), que contiene la zona urbana del municipio de Turbo, a nivel de manzanas y vías, referenciadas a secciones y sectores urbanos, lo que permite obtener su código DANE completo.

#### 3.3.3.3 Planchas IGAC

Esta cartografía corresponde a la plancha topográfica 79-II-C, a escala 1:25000, elaborada en el año 1972, que contiene curvas de nivel cada 25 m, principales ríos y quebradas, además de la ubicación del municipio de Turbo.

#### 3.3.3.4 Google earth

Se capturaron las imágenes del asentamiento humano del Software Google Earth, a una escala aproximada 1:2000 y del año 2007. Las cuales se contrastaron con la topografía existente en su condición actual.

### 3.3.3.5 Información catastral

La información consultada en el Sistema de Información y Catastro del Departamento de Antioquia, corresponde al “Listado de predios del municipio en orden de cédula catastral”, reporte RSC02\_0033. 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 sus respectivos avalúos.

## 3.3.4 Georreferenciación

### 3.3.4.1 Objetivo

Realizar el 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 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 ubicó al principio y fin de los tramos en estudio con el fin de controlar el recorrido total de las áreas del proyecto.

### 3.3.4.2 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 Turbo que en este caso es el Vértice APTO en el municipio de Apartado (Antioquia) a 27 Km aproximadamente.

Lo anterior se hizo para incluir los datos a la Red Magna-Sirgas, por el método Estático cumpliendo los requerimientos técnicos respectivos:

- Ángulo mínimo de recepción: 15 grados sobre el horizonte
- Componente geométrico de la dilución de precisión PDOP < 4
- Mínimo de satélites visibles a asegurar: 6
- No inclusión de satélites descompuestos
- Recolección de datos para tres dimensiones
- Tiempo mínimo de recolección de datos: 20 minutos por el primer kilómetro y 3 minutos por cada kilómetro adicional con GPS de doble frecuencia (por ello varía dependiendo de la distancia a la Estación Permanente del IGAC)
- Duración de épocas a captar: 15 segundos

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

a) *Metodología de campo y oficina:* Se ubicaron los GPS por parejas dado que la distancia a Apartado donde se encuentra la antena del IGAC es cercana, la estación principal de GPS de doble frecuencia se colocó en cada uno de los GPS impares, GPS-1, GPS-3, GPS-5 y GPS-7 y se les hizo un rastreo continuo de 1.5 horas aproximadamente y su pareja los GPS pares GPS-2, GPS-4, GPS-6 y GPS-8 se

colocaron simultáneamente, la recepción fue buena oscilando de 9 satélites a más garantizando la precisión de nuestro punto de origen a 1.0 cm en precisión horizontal y 1.5 cm en precisión vertical con respecto a las coordenadas magna-sirgas de Colombia. Para calcular las coordenadas de los vértices impares 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 nuestros GPS impares con el programa original del equipo de gps Topcon Tools y a partir de este se efectúa el postproceso para las parejas pares obteniendo las bases de GPS de amarre.

b) *Parámetros Geodésicos y de Transformación:*

**Tabla 3-2 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 3-3 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, son los mostrados en la Tabla 3-4.

**Tabla 3-4 Elipsoide world geodetic system 1.984**

Elipsoide World Geodetic System 1.984 Unidad=metro			
Datum	A	1 / f	b
WGS / 84	6'378.137.00	298.257223563	6'356.752.3142



Este proceso se llevó a cabo, con una metodología que minimiza la propagación de errores y garantiza un efectivo control, paso a paso. Los valores de GPS obtenidos se presentan en la Tabla 3-7.

**Tabla 3-7 Coordenadas Gauss-Krueger Magna-Sirgas origen oeste**

Coordenadas Gauss-Krueger Magna-Sirgas origen oeste			
Punto	Norte	Este	Altura ortométrica (snm)
TURBO-1	1388062.176	1039568.754	5.490
TURBO-2	1388077.057	1039465.542	5.013
TURBO-3	1387299.499	1039534.317	5.969
TURBO-4	1387198.460	1039567.768	4.230
TURBO-5	1386545.088	1038414.772	2.405
TURBO-6	1386497.205	1038444.440	3.151
TURBO-7	1387094.110	1037168.511	1.267
TURBO-8	1387166.516	1037295.557	0.754

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

#### 3.3.4.3 Equipos utilizados

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

Especificaciones en Static/Rapid Static: en Horizontal 3mm+1 ppm y en vertical 5 mm + 1 ppm.

GPS ANTENNA/ Internal; ANTENNA TYPE 7 Microstrip (zero-centered), GROUND PLANE Antenna on a flan ground plane.



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

- b) *Navegador Garmin GPSMAP60Cx*: 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) de los caños donde convergen las áreas servidas del municipio y del mar en este sector del Golfo de Uraba que algunas veces inunda el entorno urbano aledaño.

#### *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, riveras, lecho de las fuentes de agua, taludes, puentes y demás existentes generando la base cartográfica georreferenciada de cada frente.
- b) *Levantamiento Batimétrico*: En la zona de los caños dada su poca profundidad se realizó con Estación Electrónica Total y canoa en algunas partes, en la zona de mar se combinó la estación Total con la Ecosonda Digital que nos permite tomar profundidades mayores.
- c) *Datos técnicos*:  
Localización del Proyecto: Municipio de Turbo – Antioquia (Colombia)

Frentes de Trabajo y longitud:

- Sobre el caño Veranillo en una extensión de 1625 m
- Sobre el caño Tranca en una extensión de 2550 m
- Sobre el mar 1400 m

- d) *Secciones Transversales (de topografía y batimetría):* 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 y batimétrico

Los datos de campo se descargaron 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:

- Post proceso de la información recolectada por los GPS.
- Cálculo y procesamiento de datos.
- Dibujo del levantamiento en sistema CAD.
- Modelo digital del terreno (Topografía y batimetría)
- Informe

*Características Topográficas:* Los caños se hallan en terrenos planos, con una pendiente del 3 al 7 %; en la época en que se realizó el trabajo con poca lluvia el nivel de los caños creció aproximadamente 1.0 m y hay bastantes sectores en especial los últimos 800 m en que las casas están a la orilla de los caños. En la zona de mar y por el tiempo en que se hicieron los levantamientos los vientos no eran fuertes y el mar aparentemente tampoco; en la zona se están adelantando en diferentes partes líneas de espolones.

### 3.3.7 Información predial a nivel de manzanas

Se especifica una zona de estudio para el municipio de Turbo que abarca un total de 164 manzanas, discriminadas por sectores y secciones urbanas, según Código DANE en Tabla 3-8.

**Tabla 3-8 Manzanas dentro de la franja de estudio según código DANE**

Departamento	Municipio	Clase	Sector Rural	Sección Rural	Centro Poblado	Sector Urbano	Sección Urbana	Manzana
05	837	1	000	00	000	0001	02	01
05	837	1	000	00	000	0001	02	02
05	837	1	000	00	000	0001	02	03
05	837	1	000	00	000	0001	02	05
05	837	1	000	00	000	0001	02	06
05	837	1	000	00	000	0001	02	07
05	837	1	000	00	000	0001	02	09
05	837	1	000	00	000	0001	02	09
05	837	1	000	00	000	0001	02	10
05	837	1	000	00	000	0001	02	10
05	837	1	000	00	000	0001	02	13
05	837	1	000	00	000	0001	02	15
05	837	1	000	00	000	0001	02	16
05	837	1	000	00	000	0001	02	20
05	837	1	000	00	000	0001	02	21
05	837	1	000	00	000	0001	02	22
05	837	1	000	00	000	0001	02	23
05	837	1	000	00	000	0001	02	24
05	837	1	000	00	000	0001	02	25
05	837	1	000	00	000	0001	02	26
05	837	1	000	00	000	0001	02	27
05	837	1	000	00	000	0001	02	28
05	837	1	000	00	000	0001	02	29
05	837	1	000	00	000	0001	02	30
05	837	1	000	00	000	0001	02	31
05	837	1	000	00	000	0001	02	32
05	837	1	000	00	000	0001	02	33
05	837	1	000	00	000	0001	02	34
05	837	1	000	00	000	0001	03	01
05	837	1	000	00	000	0001	03	01
05	837	1	000	00	000	0001	03	03
05	837	1	000	00	000	0001	03	03
05	837	1	000	00	000	0001	03	04
05	837	1	000	00	000	0001	03	05
05	837	1	000	00	000	0001	03	06
05	837	1	000	00	000	0001	03	07

Departamento	Municipio	Clase	Sector Rural	Sección Rural	Centro Poblado	Sector Urbano	Sección Urbana	Manzana
05	837	1	000	00	000	0001	03	08
05	837	1	000	00	000	0001	03	11
05	837	1	000	00	000	0001	03	16
05	837	1	000	00	000	0001	03	17
05	837	1	000	00	000	0001	03	17
05	837	1	000	00	000	0001	03	17
05	837	1	000	00	000	0002	01	12
05	837	1	000	00	000	0002	01	15
05	837	1	000	00	000	0002	01	16
05	837	1	000	00	000	0002	01	18
05	837	1	000	00	000	0002	01	19
05	837	1	000	00	000	0002	01	25
05	837	1	000	00	000	0002	01	25
05	837	1	000	00	000	0002	01	27
05	837	1	000	00	000	0002	01	29
05	837	1	000	00	000	0002	01	30
05	837	1	000	00	000	0002	01	31
05	837	1	000	00	000	0002	03	10
05	837	1	000	00	000	0002	03	10
05	837	1	000	00	000	0002	03	11
05	837	1	000	00	000	0002	03	12
05	837	1	000	00	000	0002	03	12
05	837	1	000	00	000	0002	03	12
05	837	1	000	00	000	0002	03	12
05	837	1	000	00	000	0002	04	10
05	837	1	000	00	000	0002	04	10
05	837	1	000	00	000	0002	07	01
05	837	1	000	00	000	0002	07	08
05	837	1	000	00	000	0002	07	09
05	837	1	000	00	000	0002	07	10
05	837	1	000	00	000	0002	07	11
05	837	1	000	00	000	0003	01	04
05	837	1	000	00	000	0003	01	05
05	837	1	000	00	000	0003	01	06
05	837	1	000	00	000	0003	01	07
05	837	1	000	00	000	0003	01	08
05	837	1	000	00	000	0003	01	11
05	837	1	000	00	000	0003	01	12
05	837	1	000	00	000	0003	03	04
05	837	1	000	00	000	0003	03	13
05	837	1	000	00	000	0003	03	21
05	837	1	000	00	000	0003	04	01
05	837	1	000	00	000	0003	04	02
05	837	1	000	00	000	0003	04	03
05	837	1	000	00	000	0004	01	02
05	837	1	000	00	000	0004	01	03
05	837	1	000	00	000	0004	01	04
05	837	1	000	00	000	0004	01	16
05	837	1	000	00	000	0004	01	17
05	837	1	000	00	000	0004	01	18
05	837	1	000	00	000	0004	01	18
05	837	1	000	00	000	0004	01	18
05	837	1	000	00	000	0004	01	19
05	837	1	000	00	000	0004	01	20

Departamento	Municipio	Clase	Sector Rural	Sección Rural	Centro Poblado	Sector Urbano	Sección Urbana	Manzana
05	837	1	000	00	000	0004	01	20
05	837	1	000	00	000	0004	01	21
05	837	1	000	00	000	0004	01	22
05	837	1	000	00	000	0004	01	25
05	837	1	000	00	000	0004	01	30
05	837	1	000	00	000	0004	01	31
05	837	1	000	00	000	0004	01	32
05	837	1	000	00	000	0004	01	37
05	837	1	000	00	000	0004	01	38
05	837	1	000	00	000	0004	01	38
05	837	1	000	00	000	0004	01	40
05	837	1	000	00	000	0004	01	41
05	837	1	000	00	000	0004	02	04
05	837	1	000	00	000	0004	02	05
05	837	1	000	00	000	0004	02	06
05	837	1	000	00	000	0004	02	08
05	837	1	000	00	000	0004	02	09
05	837	1	000	00	000	0004	02	10
05	837	1	000	00	000	0004	02	11
05	837	1	000	00	000	0004	02	12
05	837	1	000	00	000	0004	02	13
05	837	1	000	00	000	0004	02	14
05	837	1	000	00	000	0004	02	15
05	837	1	000	00	000	0004	02	16
05	837	1	000	00	000	0004	02	17
05	837	1	000	00	000	0004	03	01
05	837	1	000	00	000	0004	03	02
05	837	1	000	00	000	0004	03	03
05	837	1	000	00	000	0004	03	04
05	837	1	000	00	000	0004	03	05
05	837	1	000	00	000	0004	03	06
05	837	1	000	00	000	0004	04	02
05	837	1	000	00	000	0004	04	03
05	837	1	000	00	000	0004	04	04
05	837	1	000	00	000	0004	04	05
05	837	1	000	00	000	0004	04	06
05	837	1	000	00	000	0004	04	07
05	837	1	000	00	000	0004	04	08
05	837	1	000	00	000	0004	04	09
05	837	1	000	00	000	0004	04	10
05	837	1	000	00	000	0004	04	11
05	837	1	000	00	000	0004	04	12
05	837	1	000	00	000	0004	04	13
05	837	1	000	00	000	0004	04	14
05	837	1	000	00	000	0004	04	15
05	837	1	000	00	000	0004	04	17
05	837	1	000	00	000	0004	05	04
05	837	1	000	00	000	0004	05	23
05	837	1	000	00	000	0004	05	34
05	837	1	000	00	000	0004	05	36
05	837	1	000	00	000	0004	06	02
05	837	1	000	00	000	0004	06	02
05	837	1	000	00	000	0004	06	02

## 3.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

### 3.4.1 Geología – contexto regional

#### 3.4.1.1 Estratigrafía

El municipio de Turbo posee dos unidades claramente definidas: Una primera unidad caracterizada por la presencia de rocas sedimentarias terciarias (T) con dirección general N-S  $\pm 10^\circ$  y buzamientos de los estratos variable, la cual se ubican al oriente del municipio, y la segunda unidad caracterizada por la presencia de sedimentos cuaternarios (Q) especialmente al occidente del municipio.

En la unidad 1, las rocas sedimentarias terciarias (T) pueden ser de tipo marino (T1) o sedimentario-continental (T2). Las rocas sedimentarias de origen marino afloran al Oriente del Municipio y están compuestas por una secuencia de areniscas, lodolitas y arcillolitas, localmente carbonatadas.

Por otra parte, las rocas de origen continental son areniscas, conglomerados, limolitas y arcillolitas, depositadas en un ambiente continental de carácter fluvial a transicional, en los que se alternaron regímenes de energía media a alta con periodos de tranquilidad.

Se han agrupado las rocas en los siguientes conjuntos:

- **Areniscas y lodolitas (T2A):** Areniscas de color amarillo grisáceo, de grano fino a medio, compuestas por cuarzo, basaltos, chert negro, las cuales se encuentran interestratificadas con capas de lodolitas friables de color gris azulado claro (INGEOMINAS, 1995).

- **Areniscas y conglomerados (T2B):** Las areniscas tienen las mismas características del conjunto T2A, con la diferencia de que se encuentran interestratificadas con capas de conglomerados conformados por cuarzo y basaltos en una matriz arenosa. Los conglomerados están conformados por fragmentos de cuarzo, chert y roca volcánica (basaltos), en una matriz arenosa de color amarillo grisáceo, de grano medio a grueso (INGEOMINAS, 1995)

- **Lodolitas con lentes de conglomerados (T2C):** Conformada por capas discontinuas de lodolitas de color gris azulado intercaladas con capas discontinuas de conglomerados. Este conjunto aflora en el flanco más occidental de la Serranía de Abibe.

En la unidad 2, los sedimentos cuaternarios (Q) están formados por depósitos de origen marino, aluvial y/o coluvial que conforman abanicos, terrazas, conos de deyección, aluviones y playas, los cuales están relacionados con la dinámica de los principales ríos y por la gran llanura aluvial de Mutatá-Turbo. En la zona de abanico las pendientes llegan al 10 %. Sobre estos depósitos se encuentran asentados la cabecera y gran parte de los cultivos de plátano y banano del municipio.

### 3.4.1.2 Rasgos estructurales

El municipio de Turbo está enmarcado regionalmente dentro del Cinturón Sinú, el cual comprende los anticlinorios de Abibe y las Palomas dentro del continente y la plataforma y talud continental fuera de la costa. Este cinturón está conformado por anticlinales estrechos muy pronunciados, separados por sinclinales amplios y suaves. Dentro de esta serie de sinclinales y anticlinales se pueden mencionar el sinclinal Tulapa y el anticlinal Caimán, ubicados al nororiente y norte de la cabecera municipal respectivamente, cuyos ejes tienen dirección general N-S±10°

Otro tipo de rasgo estructural son las fallas. Una de las más sobresalientes ubicada al Oriente del municipio es la Falla de Apartadó, la cual tiene dirección N-S a N30W y buzamientos al oriente entre 30 y 40°. Existen otras fallas y lineamientos como las fallas San Pedro, Murri-Mutatá, El Aguila y Murindó.

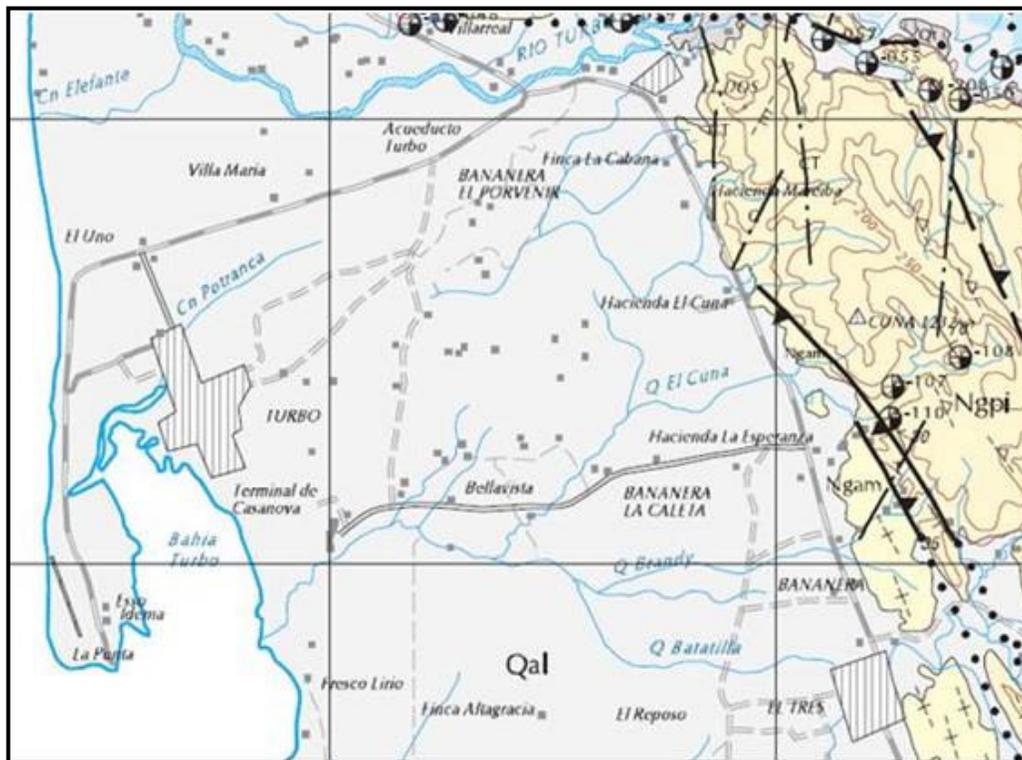


Figura 3-3 Geología de la zona del municipio de Turbo, Ingeominas (1999)

### 3.4.2 Geología - contexto local

El sector de estudio – Turbo Canales - se encuentra ubicado totalmente en la parte urbana del municipio, sobre la unidad 2 de sedimentos cuaternarios como se presenta en la Figura 3-4. Está constituido en profundidad por areniscas y gravillas de limolita. Cerca de la superficie estos materiales se han meteorizado a arcillas.

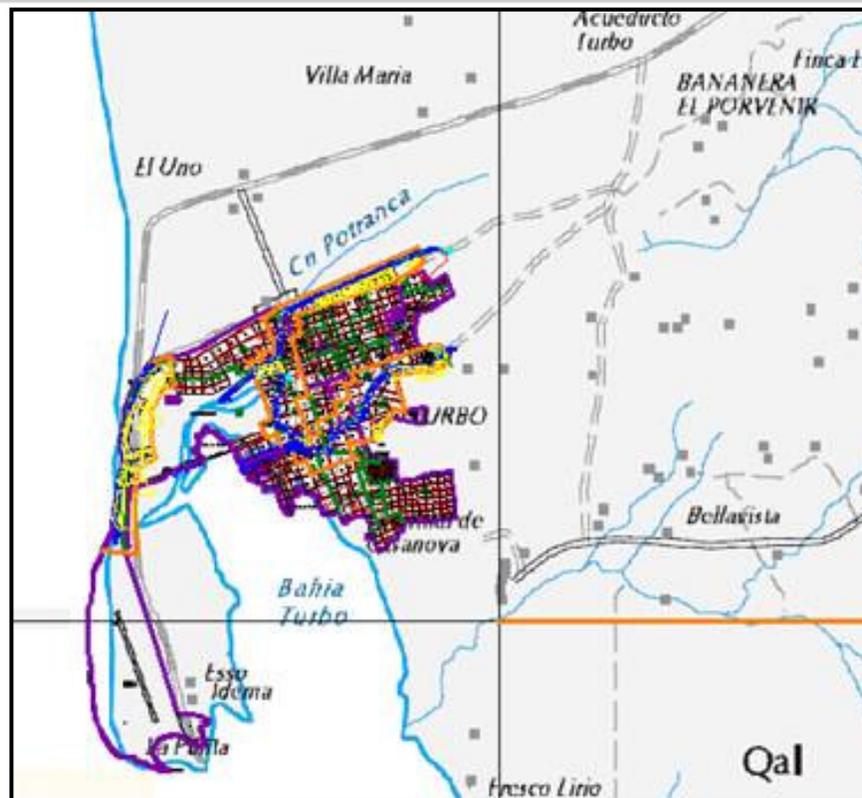


Figura 3-4 Detalle de la geología de la zona de Turbo-Canales

### 3.4.3 Geomorfología

#### 3.4.3.1 Contexto regional

Dentro del contexto regional, se consideran las macrounidades geomorfológicas existentes, las cuales determinan las formas del terreno y su relación con los depósitos y unidades geológicas. De Oriente a Occidente en el Municipio de Turbo se tienen las siguientes Macrounidades geomorfológicas, las cuales se muestran en la Figura 3-5.

- **Macrounidad de Vertiente:** Comprende el área montañosa de la Serranía de Abibe. Su dirección general es Noreste a Norte-Sur. Las alturas oscilan entre 500 y 25 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) y disminuyen progresivamente hacia el Occidente, encontrándose las mínimas alturas en el límite con la macrounidad de Abanico. En la parte alta de la serranía es común encontrar flujos de lodo los cuales suavizan las pendientes y posiblemente están asociados con fallas locales activas.

- **Macrounidad Piedemonte:** Ubicada al oriente de San Vicente del Congo, y a través de una divisoria relativamente baja entre las cuencas de los ríos Mulatos y San Juan. Los materiales de esta macrounidad tienen una textura de media a fina y hacia la parte baja de la pendiente están mezclados con gravillas, las cuales frecuentemente descansan sobre las unidades terciarias. Los materiales que la forman son generalmente rocas meteorizadas o materiales transportados anteriormente.

- **Macrounidad Abanico:** Conformada por una serie de abanicos superpuestos lateralmente debido al cambio de pendiente a que se ven sometidos los drenajes con el paso del sector de Serranía a la de Abanico. Dentro de la macrounidad abanico se desarrolla gran parte de la actividad antrópica. En el Municipio existen terrazas asociadas a la mayor parte de los ríos aunque su composición y textura varía dependiendo del caudal y material de arrastre de los drenajes; los materiales basales consisten en guijarros y gravillas de arenisca bien redondeadas y envueltos en una matriz de arena fina.

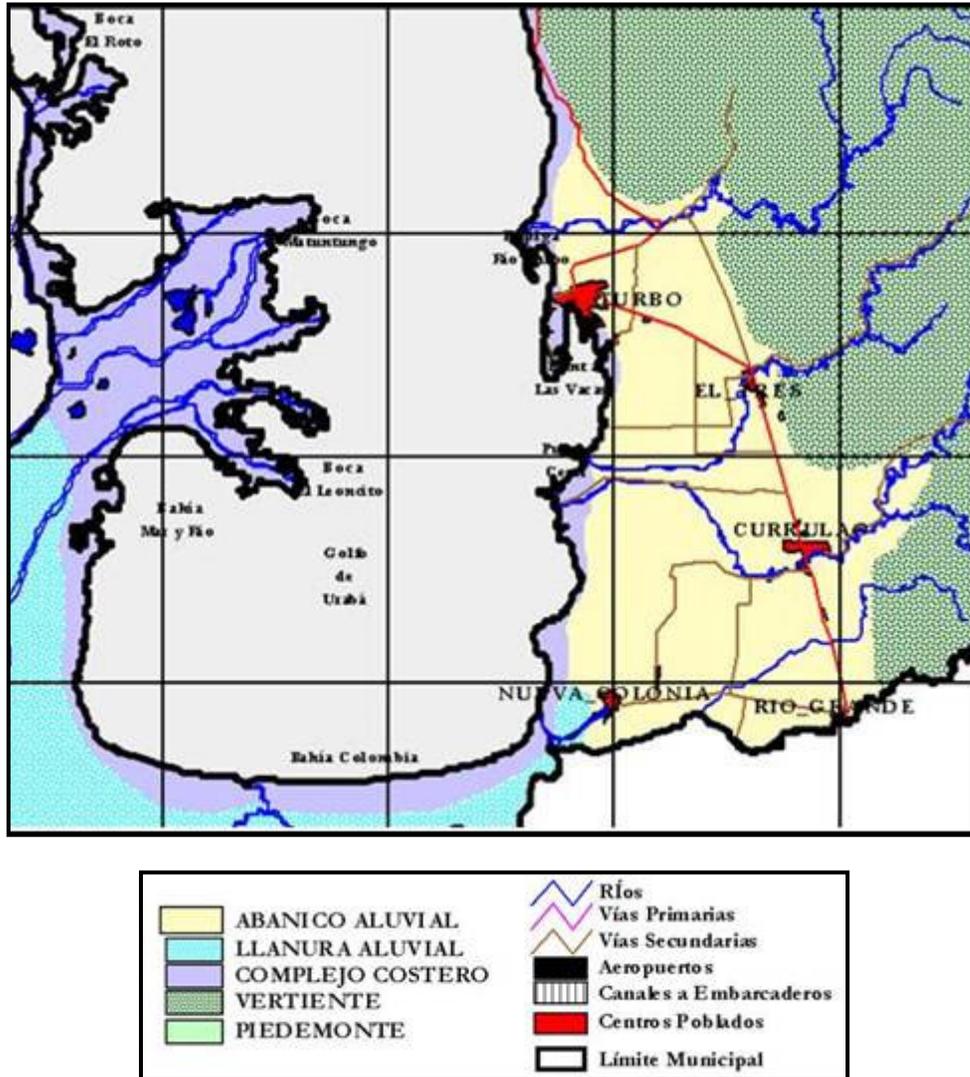


Figura 3-5 Geomorfología del municipio de Turbo. POT municipio de Turbo (2000)

- **Macrounidad Llanura Aluvial:** Está ubicada en las llanuras de inundación de los ríos Atrato-León en el sector Occidental del Municipio ocupando un área de 126.450 hectáreas. Está conformada por aportes de sedimentos cuaternarios fluviales. Se caracteriza por ser un relieve plano con poca permeabilidad en sus suelos.

- **Macrounidad Complejo Costero:** En la línea de costa del municipio de Turbo se encuentran unidades geomorfológicas características de regímenes erosivos y acrecionales como son los deltas, playas, dunas entre los acrecionales y acantilados y escarpes de playa entre los erosivos. A lo largo de toda la línea de costa pero con mayor énfasis en el sector Oriental, existe una alta influencia antrópica con la construcción de obras de infraestructura, depositación de desechos sólidos y líquidos y por el manejo de las cuencas que finalmente desembocan al mar.

Por otra parte, el análisis geomorfológico incluye la definición de los procesos morfodinámicos de la zona de estudios. Los principales procesos erosivos del Municipio están relacionados con la dinámica fluvial de los ríos de la región, sobre las macrounidades de Abanico y Llanura aluvial. Sin embargo en las macrounidades de Piedemonte y Vertiente ocurren procesos por movimientos en masa, los cuales pueden desencadenar flujos torrenciales en los ríos y pérdida de suelos.

#### 3.4.3.2 Contexto local

Específicamente para el área de estudio, los canales de Turbo están localizados principalmente sobre la macrounidad abanico aluvial y en algunos sectores sobre la macrounidad complejo costero, las cuales están directamente relacionadas con los materiales provenientes de los sedimentos cuaternarios. En conclusión, en el casco urbano de Turbo – Sector Canales, los materiales basales consisten en guijarros y gravillas de arenisca bien redondeadas y envueltos en una matriz de arena fina, limos y arcillas, típicos sedimentos cuaternarios de procedencia aluvial.

### 3.4.4 Aspectos Hidrogeológicos

#### 3.4.4.1 Contexto regional

Basados en el informe de Ingeominas (2000) se realizó la identificación de los aspectos hidrogeológicos del sector de estudio. Teniendo en cuenta la geomorfología del terreno, se determinó la presencia de acuíferos según el tipo de depósito que se describe a continuación.

- **Depósitos de Llanura Aluvial (Qal):** Se extiende en toda la parte plana del área ocupando las zonas más bajas comprendidas entre el piedemonte de la Serranía de Abibe y la zona costera, ocupando un área de 1.714 km<sup>2</sup>. Sobre esta unidad se encuentran ubicadas las principales poblaciones de la región (Arboletes, San Juan de Urabá, Necoclí, Turbo, Apartadó, Carepa y Chigorodó); así como la mayor parte de la actividad económica del área. Lateralmente esta unidad se encuentra limitada en el piedemonte por la Unidad T1 desde el municipio de Turbo hasta Arboletes; y al sur del municipio de Turbo por el Conjunto C de la unidad T2. En profundidad cubre discordantemente las rocas de edad terciarias T1 (al norte de Turbo) y T2 al sur del mismo municipio.

Esta unidad constituye el acuífero más superficial del área. Está compuesto por intercalaciones de espesor variable, de arcillas color café, arcilla plástica con poco contenido de arena y arena fina a gruesa (ocasionalmente gravas), con matriz arcillosa. En la zona entre Turbo y el Río Juradó el espesor del acuífero se encuentra entre 5 y 45 m, disminuyendo progresivamente de sur a norte. Los mayores espesores se encuentran

especialmente en la cuenca del Río León y en menor proporción en la cuenca de los ríos Chigorodó, Carepa, Currulao, Guadualito y Turbo en sus respectivas áreas de salida hacia la llanura aluvial. De esta manera los espesores van disminuyendo a medida que el curso de los ríos avanza hacia el Golfo así: para el río León, de sur a norte y para los demás ríos mencionados, de este a oeste.

Los espesores entre 5 y 15 m se presentan principalmente en el municipio de Apartadó y al norte en los municipios de Turbo y Guadualito. Los espesores menores de 5 m se concentran hacia el sector del golfo propiamente dicho, así como en cercanía a la zona montañosa en forma paralela al contacto entre los sedimentos de Cuaternario y las rocas del Terciario. Los valores de resistividad eléctrica de esta unidad varían entre 17 y 30 Ohm.m; hacia el Golfo de Urabá se presenta una disminución, con valores menores de 4 Ohm.m, que pueden estar asociados a la cercanía de la zona de interfase agua dulce - agua salada.

El sistema de flujo en los acuíferos cuaternarios presenta una tendencia desde la serranía hacia el occidente y hacia el Golfo de Urabá, donde los valores menores se encuentran entre el límite sur del área de estudio y Barranquillita, los valores medios se ubican hacia el occidente del área y los mayores en cercanías al golfo. Esto muestra la tendencia del flujo de las aguas freáticas las cuales se enriquecen a medida que fluyen hacia el golfo.

#### *3.4.4.2 Contexto local*

Sobre la zona de estudio – Sector Turbo Canales se concluye la presencia de acuíferos asociados a depósitos de llanura aluvial, con espesor de entre 5 y 15 metros por lo que se puede considerar como superficial. Estas reservas son de bajo espesor y se consideran aprovechables para el consumo humano y para el riego de la región.

### **3.5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA**

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

##### *3.5.1.1 Cartografía*

En el Instituto Geográfico Agustín Codazzi se obtuvieron planchas a escala 1:25000, que cubren las áreas de las cuencas vertientes que drenan hacia el océano. Sobre la cartografía se delimitaron las cuencas vertientes de las corrientes principales que son afluentes al océano y a la población de Turbo.

La información cartográfica se complementó con visitas de campo (diagnóstico) y con levantamientos topográficos de los caños Puerto Tranca y Veranillo que cruzan la población de Turbo, detallando los sitios más bajos (susceptibilidad alta a inundación).

##### *3.5.1.2 Hidrometeorología*

En el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, se investigó la información hidrometeorológica existente en la zona y se encontró que no existe información hidrológica en la zona de influencia del proyecto, con respecto a la información meteorológica se ubicaron dos estaciones climatológicas ordinarias en la

población de Turbo, denominadas Aeropuerto Gonzalo Mejía cuyo periodo de observación es de 1934 a 1984 y Turbo cuyo periodo de observación 1984 a 2007, como puede observarse la información meteorológica. Las localización de las estaciones se presenta en la Tabla 3-9, y los registros Mensuales, y anuales se condensan en el Anexo C-1.

La red de estaciones hidroclimatológicas en la zona de estudio tiene un cubrimiento escaso, razón por la cual existen sólo dos estaciones meteorológicas en la zona de influencia del estudio que se complementan ya que la estación meteorológica Aeropuerto Gonzalo Mejía fue suspendida en el año 1984 y la estación meteorológica Turbo comenzó a operar en el año 1984 hasta la fecha, debido a lo anterior, la información secundaria de la zona será de gran importancia para la descripción del régimen espacial y temporal de la precipitación y el cálculo de los parámetros de diseño de las estructuras hidráulicas.

**Tabla 3-9. Características principales de las estaciones hidrometeorológicas seleccionadas**

Nombre	Tipo de estación	Latitud	Longitud	Elevación	Municipio
Aeropuerto Gonzalo Mejía	CO	8° 7'	76° 44'	0001 msnm	Turbo
Turbo	CO	8° 5'	76° 42'	0140 msnm	Turbo

Fuente: IDEAM 2008

### 3.5.1.3 Fuentes secundarias

La información hidrológica se complementó con un estudio regional del departamento de Antioquia elaborado por la Universidad Nacional de Colombia – sede Medellín, publicado por la Secretaria de Obras Públicas del departamento de Antioquia, atlas geográfico Antioquia Características Geográficas elaborado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y por el informe del plan de ordenamiento territorial (POT) de Turbo y el proyecto de adecuación y rectificación de los caños Puerto Tranca y Veranillo elaborado por la Universidad de Antioquia.

La cartilla hidrológica presenta una serie de procedimientos y metodologías hidrológicos orientados a definir los caudales de diseño en estructuras viales en Antioquia. A pesar de tener una orientación hacia los aspectos hidrológicos del diseño de vías, los procedimientos presentados se podrían usar en cualquier aplicación en Antioquia que requiera definir los caudales máximos asociados a cierto periodo de retorno. Igualmente sus fundamentos teóricos son generales y estos procedimientos, teniéndose la información requerida y debidamente calibrados, se podrían usar en muchas otras regiones de Colombia.

Debido a que en términos generales la información hidrológica en Colombia y Antioquia es muchas veces escasa o inexistente, y casi nunca está disponible donde se requiere (donde hay que hacer el diseño), los métodos o procedimientos presentados en la cartilla son métodos orientados al cálculo hidrológico en condiciones de escasez o falta de información.

La cartilla fue publicada en el año 1997, sin embargo los coeficientes encontrados en los modelo de estimación de caudales máximos mantienen una regularidad estadística en el tiempo, razón por la cual pueden ser usados con la información hidrológica actualizada en la zona de estudio.

### 3.5.2 Caracterización Climática Regional

#### 3.5.2.1 Precipitación

Con el fin de establecer el régimen pluviométrico espacial y temporal de la precipitación sobre la zona de influencia del municipio de Turbo, se usó la información histórica de las estaciones Aeropuerto Gonzalo Mejía y Turbo, también se usó los estudios regionales del departamento de Antioquia.

De acuerdo con los estudios regionales, el municipio de Turbo se encuentra en la zona de precipitación entre los intervalos de valores 2200 – 3000 mm, los periodos de máxima lluvia ocurren en los meses de abril a noviembre y los periodos de baja precipitación ocurren en el periodo diciembre a marzo, es decir el régimen temporal es unimodal ver Figura 3-6.

En la Figura 3-6 se muestra el coeficiente pluviométrico (modulo de precipitación) de las estaciones meteorológicas Aeropuerto Gonzalo Mejía y Turbo, el coeficiente pluviométrico resulta del cociente entre los valores de precipitación de cada mes y la precipitación media multianual.

Cuando el coeficiente pluviométrico es igual a 1 significa que el valor mensual es igual al promedio multianual, cuando es menor a 1 significa que el valor de precipitación mensual está por debajo del promedio multianual (periodo de baja precipitación), finalmente cuando el coeficiente pluviométrico es mayor a 1, significa que el valor de precipitación mensual es mayor que el promedio multianual indicando periodo de alta precipitación.

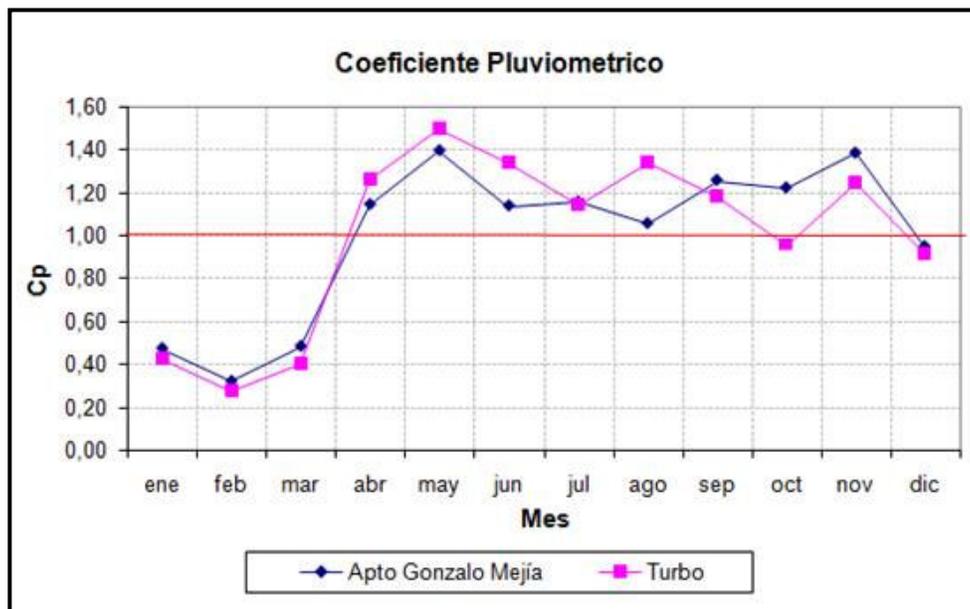


Figura 3-6. Curvas de coeficiente pluviométrico estaciones Aeropuerto Gonzalo Mejía y Turbo

### 3.5.2.2 Precipitación de Corta Duración: Curvas de Intensidad, -Duración y Frecuencia

Las curvas Intensidad – Frecuencia – Duración (IFD) son una de las herramientas más importantes para el diseño de estructuras hidráulicas, especialmente en zonas donde no existen registros históricos de caudales que hacen necesario el uso de modelos de lluvia – escorrentía en donde el principal parámetro de entrada es la intensidad.

Las curvas Intensidad – Frecuencia – Duración (IFD) para el municipio de Turbo no existen en la cartilla de hidrología del departamento, ya que los métodos regionales para esta zona tienen alta incertidumbre, por lo anterior se usó el método de Bell adaptado por Silva, que construye las curvas (IFD) a partir de la precipitación máxima diaria.

### 3.5.2.3 Metodología de regionalización de los parámetros de las curvas

Las curvas Intensidad – Frecuencia – Duración se ajustaron a una ecuación de la forma:

$$i = \frac{C_r}{(c + d)^n}$$

Donde: n son los parámetros, i es la intensidad en mm/h, Cr es un parámetro en función del periodo de retorno en años y D es la duración en minutos.

La anterior ecuación se usó para construir las curvas (IFD) a partir de la información histórica de la precipitación máxima anual diaria de las estaciones meteorológicas Aeropuerto Gonzalo Mejía y Turbo, para el cálculo de los caudales máximos y los caudales de diseño, se seleccionó la curva (IFD) de la estación meteorológica Turbo por tener las intensidades más altas, ya que, garantiza diseños más confiables dado la gran incertidumbre que existe en el sitio de estudio, la gráfica de la curva (IFD) se muestra en la Figura 3-7.

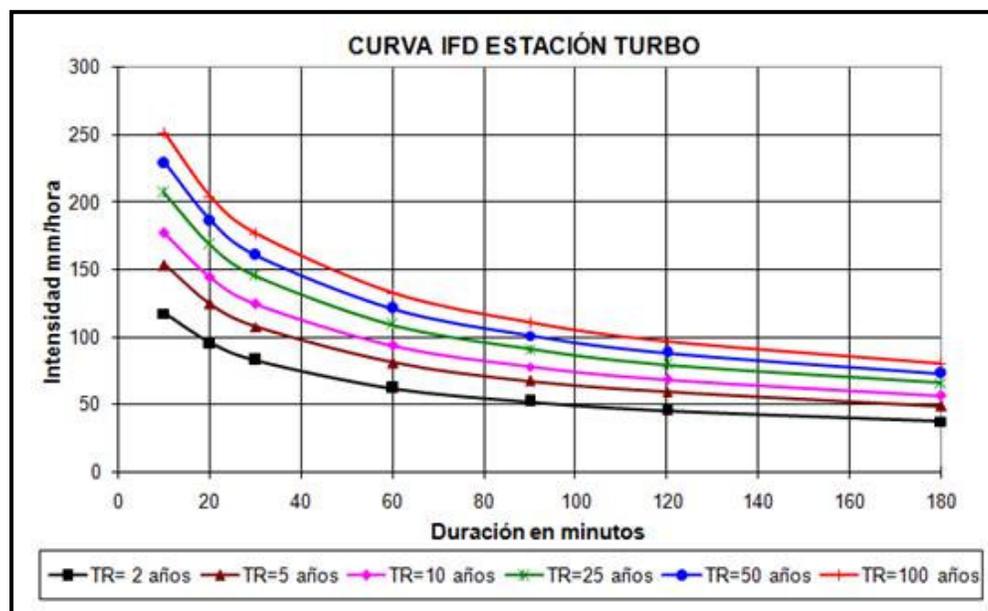
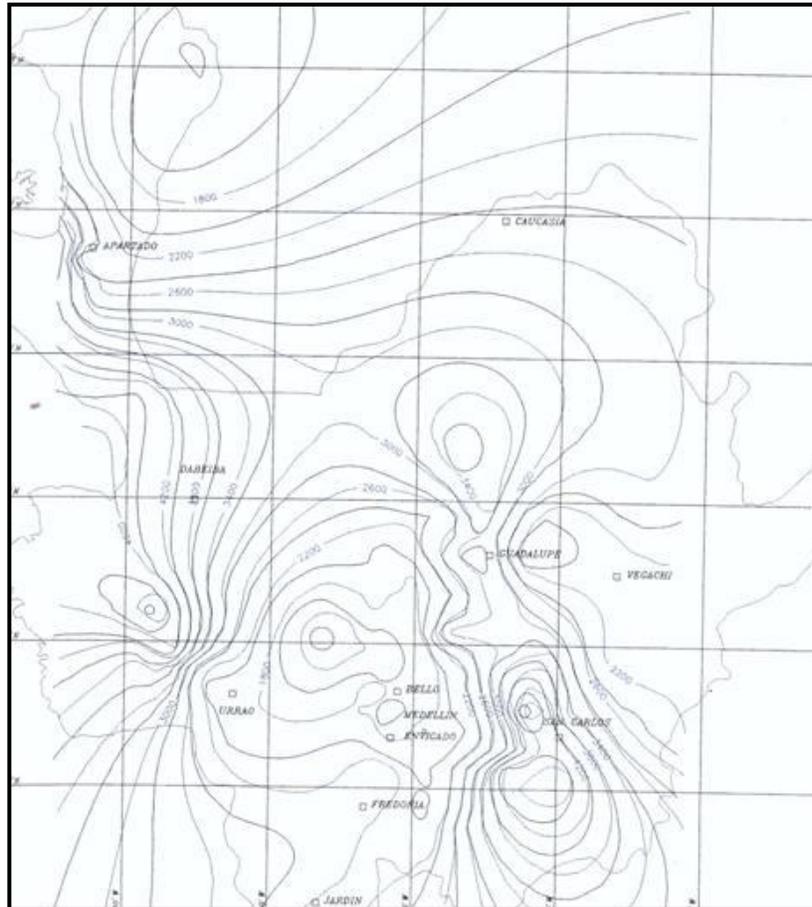


Figura 3-7. Curvas IDF, metodología de regionalización

### 3.5.2.4 Isoyetas Medias Mensuales

El régimen espacial de la precipitación en el municipio de Turbo es de aproximadamente 2200 mm a 3000 mm, estos valores se obtuvieron de la Cartilla de Hidrología de la Gobernación de Antioquia, a partir de las Isoyetas mostradas en la Figura 3-8.



Fuente Hidrología de Antioquia, Secretaria de obras públicas

**Figura 3-8. Isoyetas de precipitación promedio total multianual**

### 3.5.2.5 Evapo-transpiración

De acuerdo con el método de Thornthwaite, la población de Turbo regionalmente tiene valores de evapotranspiración potencial entre 1200 mm a 1400m.

### 3.5.2.6 Temperatura

Según el estudio del POT de Turbo, la temperatura media diaria fluctúa en un estrecho rango de 26 y 28°C, con máximos en los meses de marzo a junio y mínimos en febrero, agosto y octubre. Las temperaturas máximas históricas han alcanzado el umbral de 40°C, y es frecuente que se supere el valor puntual de 35°C, regionalmente la población de Turbo se ubica en la zona de Antioquia con temperatura mayor a 28°C.

### 3.5.2.7 Brillo Solar

Los estimativos de brillo solar en la zona estiman un total anual aproximado de 1890 horas de sol en un año típico, con valores mensuales de 130 y 170 horas de brillo solar, regionalmente la población de Turbo se ubica en la zona de Antioquia con brillo solar entre 1700 y 2100 horas mensuales multianuales.

### 3.5.2.8 Humedad Relativa

La humedad relativa ampliamente gobernada por la presencia de la masa oceánica, permanece básicamente invariable a lo largo del año. Los valores medios mensuales promedios fluctúan entre 83 y 86%.

### 3.5.2.9 Clasificación climática de la zona de estudio

La zonificación climática establece conjuntos homogéneos de condiciones climáticas para poder definir las regiones según el clima y contempla aspectos básicos como temperatura, precipitación y evapotranspiración, considerándolos en forma integral.

La clasificación resulta de integrar la propuesta metodológica de Caldas, que contempla la variación altitudinal de la temperatura, y la relación resultante de dividir evapotranspiración potencial (ETP), entre la precipitación (P), que le confiere el carácter húmedo de la propuesta de clasificación. De acuerdo con la regionalización realizada por el IGAC el sitio de estudio corresponde a la zona Cálido Húmedo que tiene las siguientes características:

- El índice (ETP/P), varía entre 0.97 – 0.52.
- Presenta un intervalo altitudinal que va desde los 1 msnm a 1000 msnm.
- La precipitación promedio multianual fluctúa entre los 1600 mm y 3600 mm.
- La temperatura media multianual oscila entre los 22.8 °C a los 28.5°C.
- La evapotranspiración potencial (ETP) registra valores entre 1100 mm a 2150 mm.
- Se presenta excesos de humedad total anual que varía entre 160 mm y 1800 mm.
- El déficit de humedad total anual varía entre 0 y 500 mm.

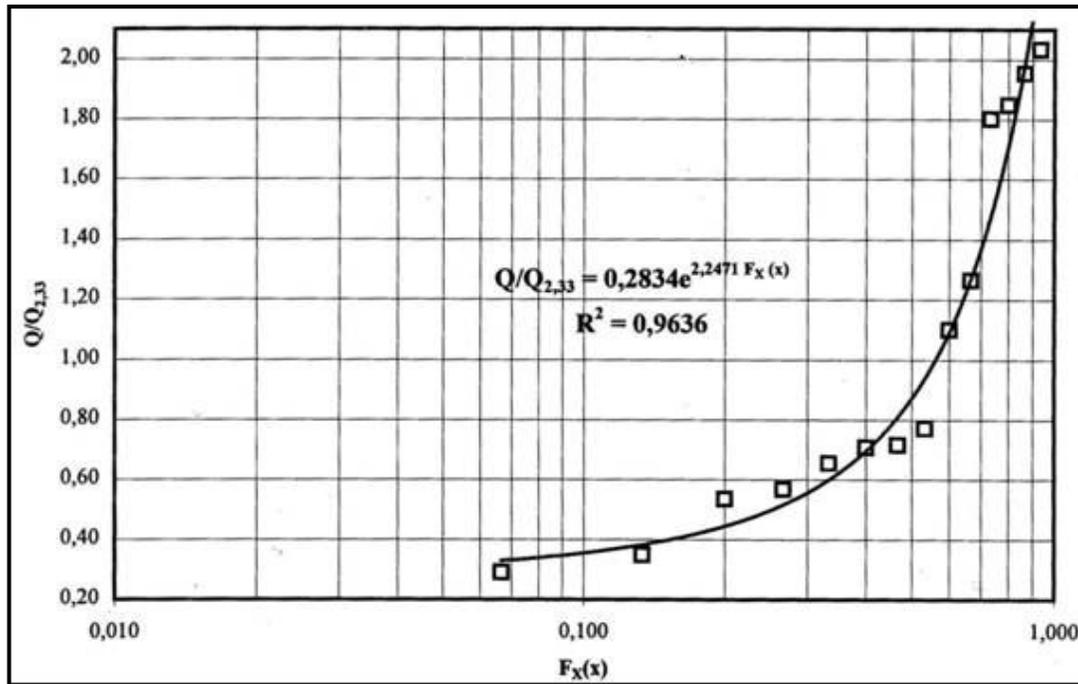
## 3.5.3 Estimación de caudales máximos Caño Puerto Tranca

El caudal medio máximo multianual se estimó a partir de la ecuación regional para departamento de Antioquia (cartilla hidrológica del departamento de Antioquia) que es una función potencial del área de la cuenca, cuya expresión es la siguiente:

$$Q_{2.33} = 2.4225A^{0.7183}$$

El área de la cuenca es aproximadamente 1.0 km<sup>2</sup>, que al reemplazar en la anterior ecuación se obtiene un caudal máximo promedio aproximado de 2.42 m<sup>3</sup>/s. Para estimar los valores extremos de crecientes se identificó que el caño Puerto Tranca pertenece a la zona del Urabá Antioqueño y se escogió la curva regional de frecuencia que relaciona la probabilidad de no excedencia  $F_X(x)$  vs  $Q/Q_{2.33}$  por que se dispone del caudal máximo medio y además porque esta curva posee el mayor coeficiente de correlación según se muestra en la Figura 3-9.

A partir de la ecuación de la Figura 3-9 se estimaron los caudales máximos para los diferentes periodos de retorno, en la Tabla 3-10 se resumen los resultados obtenidos para el Caño Puerto Tranca.



Fuente Hidrología de Antioquia, Secretaria de obras públicas

**Figura 3-9. Curva regional de frecuencia para la zona del Urabá antioqueño**

**Tabla 3-10. Estimación de los caudales máximos del Caño Puerto tranca por el método del índice de avenida**

Periodo de retorno T	Probabilidad de no excedencia $F_x(x)$	$Q/Q_{2,33}$	Q
2.33	0.571	1.02	2.47
5	0.800	1.71	4.14
10	0.900	2.14	5.18
25	0.960	2.45	5.92
50	0.980	2.56	6.20
100	0.990	2.62	6.34

Fuente: Los consultores

Los anteriores caudales serán usados para obtener los niveles máximos de agua y las velocidades de flujo en las riberas del caño Puerto Tranca usando el software HECRAS que es información fundamental para la categorización de la amenaza por inundación.

### 3.5.4 Estimación de caudales máximo Caño Veranillo

El caudal medio máximo multianual se estimó a partir de la ecuación regional para departamento de Antioquia (cartilla hidrológica del departamento de Antioquia) que es una función potencial del área de la cuenca, cuya expresión es la siguiente:

$$Q_{2.33} = 2.4225A^{0.7183}$$

El área de la cuenca es aproximadamente 1.5 km<sup>2</sup>, que al reemplazar en la anterior ecuación se obtiene un caudal máximo promedio aproximado de 3.24 m<sup>3</sup>/s. Para estimar los valores extremos de crecientes se identificó que el caño Veranillo pertenece a la zona del Urabá Antioqueño y se escogió la curva regional de frecuencia que relaciona la probabilidad de no excedencia  $F_X(x)$  vs  $Q/Q_{2.33}$  por que se dispone del caudal máximo medio y además porque esta curva posee el mayor coeficiente de correlación según se muestra en la Figura 3-9. A partir de la ecuación de la Figura 3-9 se estimaron los caudales máximos para los diferentes periodos de retorno, en la Tabla 3-11 se resumen los resultados obtenidos para el Caño Veranillo.

**Tabla 3-11. Estimación de los caudales máximos del Caño Veranillo por el método del índice de avenida**

Periodo de retorno T	Probabilidad de no excedencia $F_X(x)$	$Q/Q_{2.33}$	Q
2.33	0.571	1.02	3.31
5	0.800	1.71	5.54
10	0.900	2.14	6.93
25	0.960	2.45	7.94
50	0.980	2.56	8.29
100	0.990	2.62	8.49

Fuente: Los consultores

Los anteriores caudales serán usados para obtener los niveles máximos de agua y las velocidades de flujo en las riberas del caño Puerto Tranca usando el software HECRAS que es información fundamental para la categorización de la amenaza por inundación. Es importante mencionar que los caudales máximos calculados para los caños: Puerto tranca y Veranillo son similares a los obtenidos en el proyecto adecuación y rectificación de los caños Puerto Tranca y Veranillo elaborado por la universidad de Antioquia.

### 3.6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Para determinar las características y propiedades mecánicas del suelo en el sitio del proyecto, se realizaron actividades de exploración del subsuelo que consistieron principalmente en la ejecución de sondeos con equipo manual y recuperación de muestras alteradas e inalteradas, así como ensayos de campo y laboratorio.

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

### 3.6.1 Exploración del subsuelo

Teniendo en cuenta las características geológicas del sitio, se proyectó la ejecución de sondeos 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 ensayos de campo como el ensayo de penetración estándar (SPT), y pruebas de laboratorio para clasificación y obtener parámetros de resistencia que permitan conocer el comportamiento de los materiales existentes.

#### 3.6.1.1 Sondeos manuales

En total se realizaron doce (12) sondeos manuales con muestreo con profundidades entre 2.9 y 6.0 m, siete (7) de los cuales corresponden a sectores próximos al canal Puerto Tranca y los cinco (5) restantes a zonas cercanas al Canal Veranillo, localizados tal como se muestra en la Tabla 3-12. En la Figura 3-10 se presentan fotografías de la realización de sondeos manuales en el municipio de Turbo.

**Tabla 3-12. Localización y profundidad de las perforaciones realizadas**

Sondeo	Prof (m)	Canal	Ubicación	Coordenadas (m)	
				Este	Norte
ST-1	2.90	P. Tranca	Cll 116 Cra 23 B Manizales	1039225	1388005
ST-2	4.50	P. Tranca	Cll 116 entre Cra 19 y 20 B Julia Orozco	1038910	1387860
ST-3	3.45	P. Tranca	Cll 115 entre Cra 17 y 17 A B Julia Orozco	1038638	1387743
ST-4	4.50	P. Tranca	Cll 115 Cra 15 B Jesús Mora	1038403	1387637
ST-5	6.00	P. Tranca	Cll 111 Entre Cra 13 y 14 B Jesús Mora	1038229	1387360
ST-6	6.00	P. Tranca	Cll 105 entre Cra 12 y13 B Buenos Aires	1038245	1387028
ST-7	5.05	P. Tranca	Cll 102 entre Cra 11 y 12 B El Centro	1038230	1386724
ST-8	4.10	Veranillo	Cll 103 Cra 22 B Veranillo	1039384	1387159
ST-9	4.05	Veranillo	Cll 103 entre Cra 19 y 20 B Veranillo	1039172	1387136
ST-10	3.45	Veranillo	Cll 102 Entre Cra 17 y 18 B Juan XXIII	1038981	1386934
ST-11	3.95	Veranillo	Cll 100 Entre Cra 15 y 16 B Juan XXIII	1038847	1386685
ST-12	4.75	Veranillo	Cll 99 Entre Cra 13 y 14 B Obrero	1038588	1386439

En cada punto se realizaron ensayos de penetración estándar (SPT) y se tomaron muestras alteradas en bolsa y en el tubo partido, las cuales fueron utilizadas para hacer descripción visual y ensayos de clasificación. Además, en donde fue posible, se recuperaron muestras inalteradas en tubos de pared delgada, las cuales se utilizaron para ensayos especiales de resistencia y deformabilidad.

En el Anexo D se presentan el resumen de las propiedades geotécnicas y la estratigrafía encontradas. La localización general de los sondeos realizados en el área de estudio se presenta en la Figura 3-11.



Figura 3-10 Realización de sondeos manuales

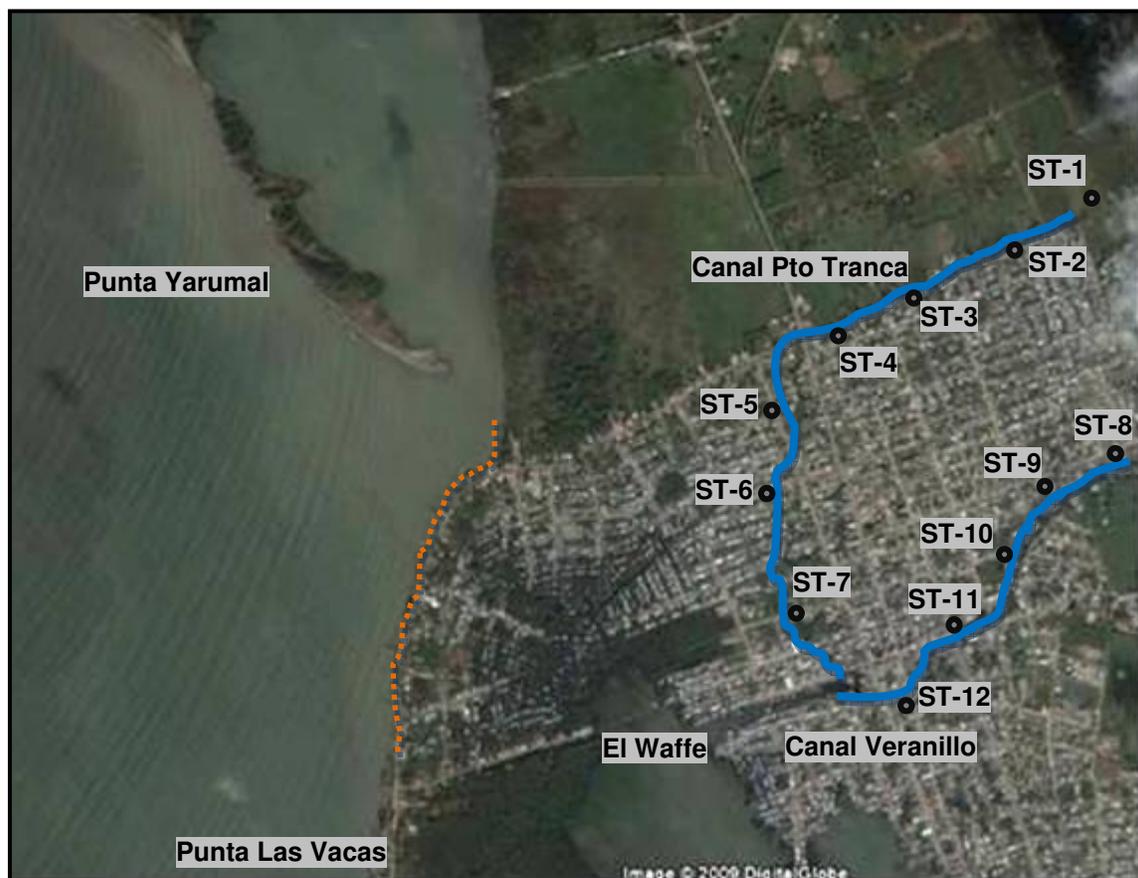


Figura 3-11. Planta general de localización de los sondeos en el área de estudio

### 3.6.1.2 Pruebas de Campo

Durante la ejecución de los sondeos se realizaron ensayos in situ de penetración estándar (SPT) para establecer de forma aproximada la variación de resistencia del suelo y recuperar muestras alteradas de los diferentes materiales encontrados para definir cambios estratigráficos.

### 3.6.2 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 peso unitario, y ensayos de resistencia como compresión inconfina da en los materiales cohesivos. En la Tabla 3-13 se relaciona la cantidad de ensayos ejecutados.

**Tabla 3-13. Tipo y cantidad de ensayos de laboratorio realizados**

TIPO DE ENSAYO	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	
Humedad Natural	3	3	4	4	4	4	
Límites de Consistencia	2	3	2	3	3	1	
Lavado Tamiz No. 200	2	3	2	3	3	2	
Peso Unitario	-	1	2	-	1	-	
Compresión Inconfina da	1	2	1	2	1	2	
SPT	2	2	3	3	2	2	
TIPO DE ENSAYO	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12	TOTAL
Humedad Natural	4	5	4	3	4	4	46
Límites de Consistencia	2	3	3	2	2	2	28
Lavado Tamiz No. 200	2	3	3	2	2	2	29
Peso Unitario	-	2	1	-	1	1	9
Compresión Inconfina da	-	-	1	1	-	1	12
SPT	6	4	4	3	4	2	37

En el ANEXO D se presenta la tabla resumen y los ensayos de laboratorio ejecutados para el sitio de estudio.

### 3.6.3 Caracterización geomecánica

En la zona por la que pasa el Canal Puerto Tranca se encontraron arcillas de color café con arena con manchas de óxidos (CH), además de arcillas de color gris verdoso con vetas de color café (CH), arenas limosas de color gris verdoso con manchas de óxido (SM) y arcillas de color gris verdoso con manchas de oxidación (CL), además de que en el sitio en el que se hizo el sondeo ST-6 se encontraron limos orgánicos (OH). De otro lado en la zona por la que pasa el Canal Puerto Tranca se encontraron arcillas y limos de color café claro con arena y con manchas de óxidos (CL y ML), arenas limosas de color café claro y gris con manchas de oxidación (SM), y limos arenosos de color gris verdoso (ML). En las perforaciones realizadas en los sectores aledaños al Canal Puerto Tranca se encontró el nivel freático a profundidades variables entre los 0.8 y 3.5 m, mientras que en las perforaciones hechas en sectores próximos al Canal Veranillo se encontró entre los 0.4 y 2.4 m de profundidad.

### 3.6.3.1 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 aledaño al Canal Puerto Tranca, en el cual se hicieron los sondeos ST-1 a ST-7 se encuentran capas de arcillas de color café con arena con manchas de óxidos (CH), arcillas de color gris verdoso con vetas de color café (CH), arenas limosas de color gris verdoso con manchas de óxido (SM), arcillas de color gris verdoso con manchas de oxidación (CL) y en el sitio del sondeo ST-6 se encontraron limos orgánicos (OH). En los suelos granulares se encontraron contenidos de humedad entre el 12 y el 40 % con un valor medio del 24%, mientras que la fracción fina de éstos suelos no presentó comportamiento plástico. En los suelos finos encontrados en estos sondeos se hallaron valores de humedad de entre el 25 y el 125% con un valor medio del 37%, en donde los mayores valores fueron encontrados en los suelos orgánicos hallados en el sondeo ST-6; en estos suelos el límite líquido del 35 al 71% con un valor medio del 54% y límite plástico de entre el 17 y el 36 % con un valor medio del 23 % por lo que se puede indicar que su comportamiento es plástico.

En la zona próxima al Canal Veranillo, en la que fueron realizados los sondeos ST-8 a ST-12 se encuentran arcillas y limos de color café claro con arena y con manchas de óxidos (CL y ML), arenas limosas de color café claro y gris con manchas de oxidación (SM), y limos arenosos de color gris verdoso (ML). En los suelos granulares se encontraron contenidos de humedad entre el 8 y el 28 % con un valor medio del 20%, mientras que la fracción fina de éstos suelos no presentó comportamiento plástico. En los suelos finos encontrados en estos sondeos se hallaron valores de humedad de entre el 8 y el 37% con un valor medio del 27%, a pesar de que la fracción fina de algunos suelos no presentó un comportamiento plástico, en los demás casos el límite líquido presenta valores entre el 31 y el 41% con un valor medio del 37% y límite plástico de entre el 15 y el 27 % con un valor medio del 20 % por lo que se puede indicar que su comportamiento es plástico.

En la Figura 3-12 se aprecian las Cartas de Plasticidad de Casagrande elaboradas con base en los resultados de los ensayos de límites de consistencia realizados para los suelos encontrados en los sondeos hechos en los sectores aledaños a los canales Puerto Tranca y Veranillo.

De acuerdo con la carta de plasticidad de Casagrande hecha a partir de los resultados de los ensayos de límites de consistencia para los suelos del sector por el que pasa el Canal Puerto Tranca, se observa que la fracción fina se clasifica principalmente como arcillas de alta plasticidad (CH) y arcillas de plasticidad media (CL), aunque en algunos suelos el comportamiento de dicha fracción no mostró plasticidad por lo que clasifica como limo (ML).

Con respecto a los suelos de los sectores aledaños al Canal Veranillo, se aprecia que la fracción fina de los mismos se clasifica principalmente como arcilla de plasticidad media aunque en algunos de los materiales investigados se encontró que la fracción fina no exhibía plasticidad por lo que clasifica como limo (ML).

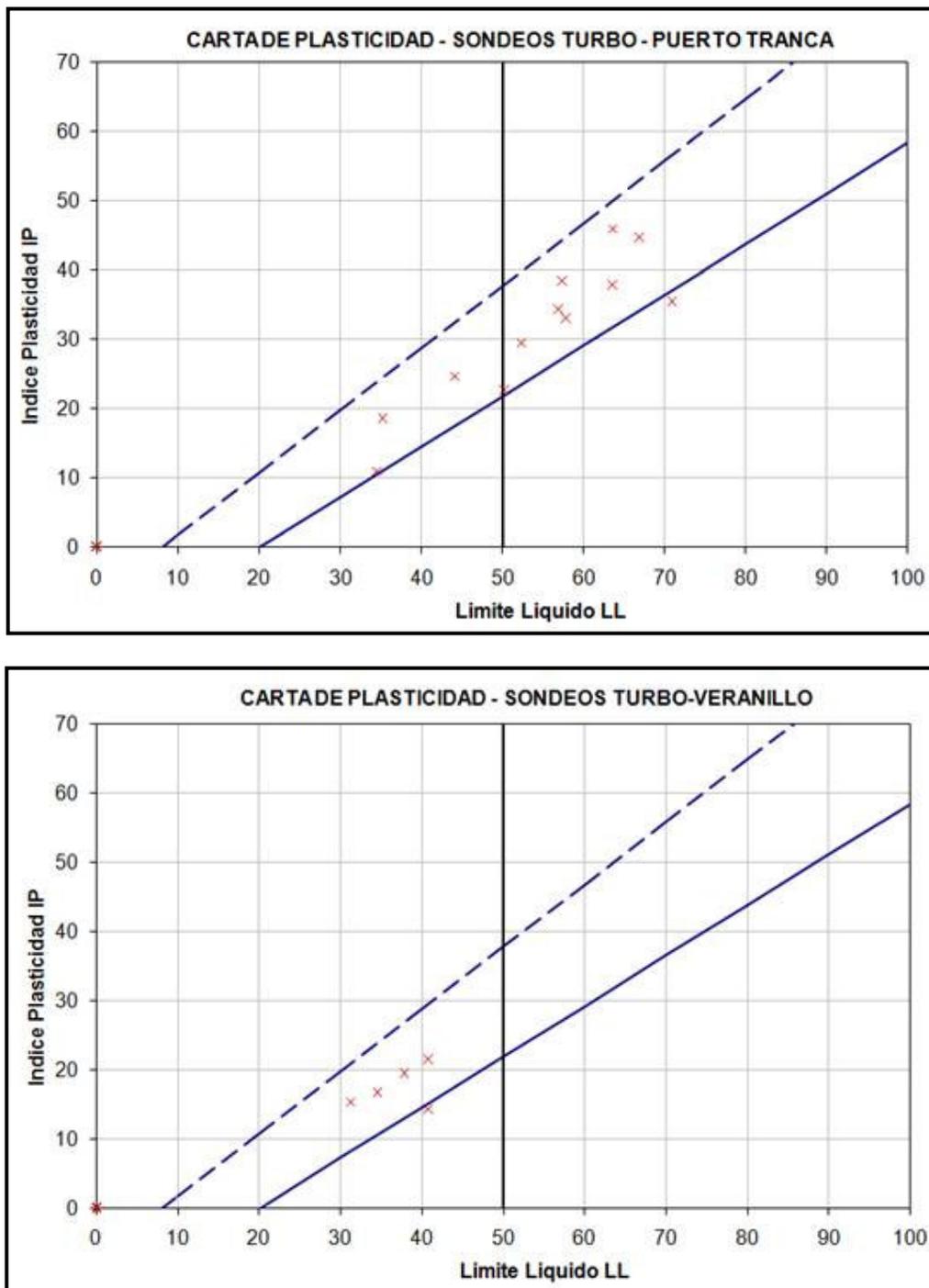
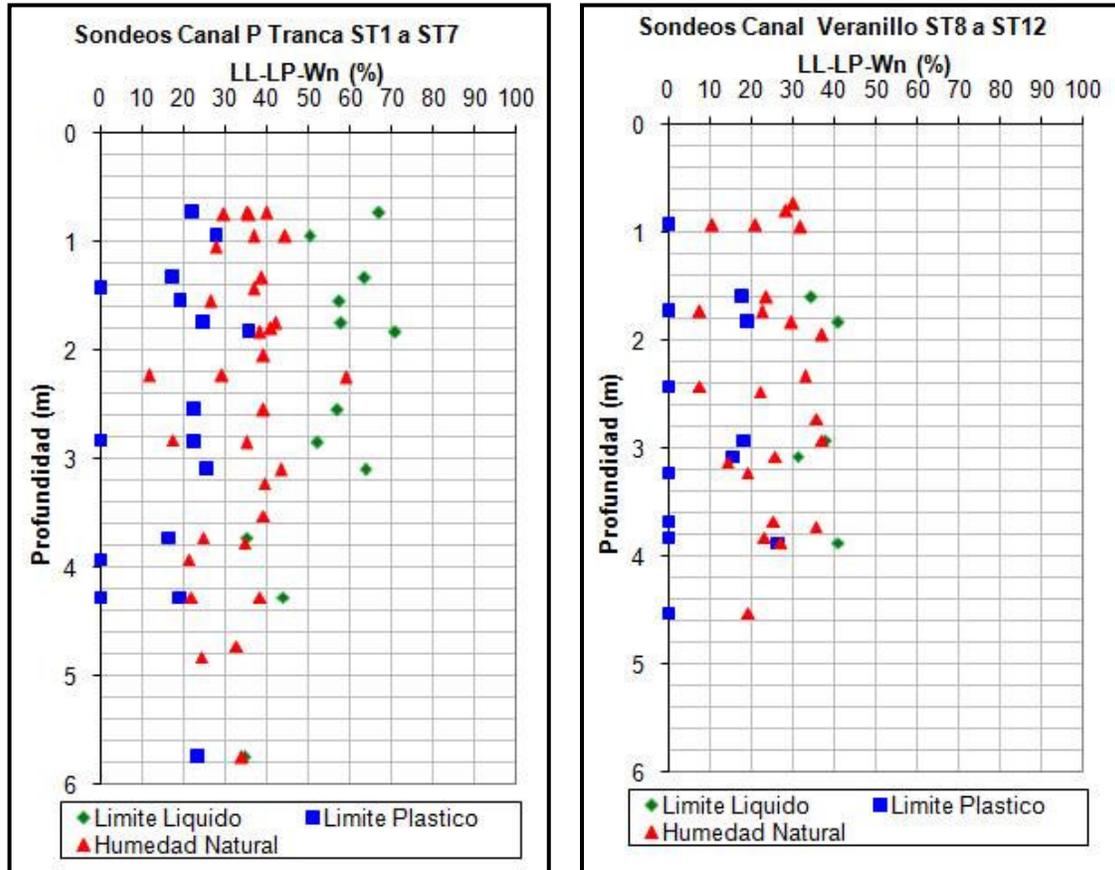


Figura 3-12. Carta de Plasticidad de Casagrande para los materiales encontrados en el área de estudio, Canales Puerto Tranca y Veranillo

En la Figura 3-13 se aprecian graficas de variación del contenido de humedad, limite líquido y limite plástico en función de la profundidad, para los sondeos realizados, en donde se aprecia lo siguiente:



**Figura 3-13. Variación de la humedad natural y los límites de consistencia en función de la profundidad**

- En los suelos del sector por el que pasa el Canal Puerto Tranca el contenido de humedad en general se encuentra entre el 12 y el 59% excepto para los suelos del sondeo ST-6 en donde alcanza el 125% por la presencia de materiales orgánicos. En la Figura 3-13 se aprecia que dentro del rango indicado los contenidos de humedad del suelo se concentran entre el 25 y el 45% aproximadamente, mientras que los valores de límite plástico en los suelos que mostraron este tipo de comportamiento se encuentran en un rango del 15 al 30% y los de límite líquido entre el 50 y el 70%.

- De acuerdo con los valores de límites de consistencia establecidos a partir de pruebas de laboratorio para los suelos del sector por el que pasa el Canal Puerto Tranca, en la mayor parte de los casos el contenido de humedad en el suelo se encuentra entre el límite líquido y el límite plástico, lo cual indicaría un comportamiento plástico que repercutiría en la generación de deformaciones no recuperables ante la aplicación de cargas.

Adicionalmente, los resultados de los ensayos de los índices de consistencia indican que los suelos arcillosos de alta plasticidad presentan un potencial de expansión alto, mientras que los ensayos de clasificación para los suelos del sondeo ST-6 indican que se trata de materiales altamente compresibles.

- En los sondeos hechos en zonas aledañas al Canal Veranillo se encontró que los suelos poseen contenidos de humedad en general se encuentra entre el 8 y el 37%. En la Figura 3-13 también se observa que los valores de límite plástico en los suelos que mostraron este tipo de comportamiento se encuentran en un rango del 15 al 25% y los de límite líquido entre el 30 y el 42%. De acuerdo con los valores de límites de consistencia hallados, en la buena parte de los casos el contenido de humedad en el suelo se encuentra entre el límite líquido y el límite plástico, lo cual indicaría un comportamiento plástico que repercutiría en la generación de deformaciones no recuperables ante la aplicación de cargas.

- **Características Granulométricas:** Básicamente se hace énfasis en el contenido de gravas, arenas y finos, según se indica a continuación:

- A excepción del sondeo SC-6 en el que se hallaron suelos granulares de composición fina, en los sondeos ST-1 a ST-7 realizados en sectores aledaños al Canal Puerto Tranca se encontraron suelos arcillosos sin gravas, con contenidos de arenas variables entre el 2 y el 18% y contenidos de finos entre el 82 y el 98% por lo que su comportamiento estará dominado por el de la fracción fina. En los suelos granulares hallados en estos sondeos se encontraron contenidos de gravas de hasta el 28%, contenidos de arenas de entre el 47 y el 87% y de finos de entre el 8 y el 25%, con lo que se aprecia que el comportamiento de este material estará dominado por la fracción de arena.

- Los suelos finos descritos para el Canal Puerto Tranca fueron encontrados en el sondeo ST-1 y ST-2 desde la superficie y hasta los 2.2 y 4.2 m de profundidad respectivamente, mientras que en los sondeos ST-3, ST-4, ST-5 y ST-6 se encontraron desde la superficie y hasta la profundidad de exploración. Los suelos granulares fueron encontrados en los sondeos ST-1 y ST-2 a partir de los 2.2 y 4.2 m de profundidad respectivamente, mientras que en sondeo ST-7 se encontraron desde la superficie y hasta la profundidad de exploración.

- En los sondeos ST-8 a ST-12 efectuados en sectores aledaños al Canal Veranillo se encontraron arcillas y limos con contenido de hasta un 3% de gravas, fracción arenosa entre el 12 y el 47% y fracción fina entre el 53 y el 88% por lo que se aprecia que su comportamiento estará dominado por la fracción fina. Los suelos granulares encontrados en estos sondeos están compuestos por un 51 a un 81% de arenas y un 19 a un 49% de gravas por lo que en algunos casos su comportamiento no estará claramente dominado por la fracción granular.

- Los suelos finos referidos para el Canal Veranillo se encontraron en los sondeos ST-8, ST-9 y ST-12 entre la superficie y los 2.2, 3.5 y 4.3 m respectivamente, mientras que en el sondeo ST-11 fueron encontrados a todo lo largo de la profundidad de exploración. Los suelos granulares se encontraron en los sondeos ST-8, ST-9 y ST-12 a partir de los 2.2, 3.5 y 4.3 m respectivamente y en el sondeo ST-10 se encontraron desde la superficie hasta la profundidad máxima alcanzada por este sondeo.

- **Peso Unitario:** El peso unitario total para los suelos arcillosos presentes en el sector del canal Puerto Tranca se encuentra entre 1.63 y 2.01 Ton/m<sup>3</sup>, mientras que el peso unitario seco se encuentra entre 1.02 y 1.59 Ton/m<sup>3</sup> mientras que para los del Canal Veranillo se encuentran entre 1.85 y 2.06 Ton/m<sup>3</sup> con pesos unitarios secos entre 1.35 y 1.66 Ton/m<sup>3</sup>. En los suelos de composición principalmente granular no fue posible obtener muestras inalteradas para hacer la determinación del peso unitario.

- **Resistencia a la compresión:** En los suelos arcillosos encontrados en los sondeos realizados en el Canal Puerto Tranca se encontraron en las pruebas de compresión inconfiada valores de cohesión no drenada de entre 1.47 y 7.52 Ton/m<sup>2</sup> y en las pruebas de penetración inalterada se encontraron valores de entre 1.25 y 8.75 Ton/m<sup>2</sup>, por lo que se aprecia que la consistencia de los suelos del sector varía de muy blanda a firme. Por otra parte, en los suelos arcillosos del Canal Veranillo se encontraron valores de cohesión no drenada de entre 3.11 y 7.27 Ton/m<sup>2</sup> en las pruebas de compresión inconfiada y de entre 2.5 y 5.4 Ton/m<sup>2</sup> en las pruebas de penetración inalterada, por lo que la consistencia de estos materiales varía de media a firme.

- **Resistencia a la penetración estándar:** Se tomó como referencia el número de penetración estándar (N1)<sub>60</sub> obtenido al corregir los obtenidos en campo. La variación de los valores de (N1)<sub>60</sub> se presenta en las gráficas de la Figura 3-14, a partir de las cuales se puede indicar lo siguiente:

- Los suelos del sector por el que pasa el Canal Puerto Tranca presentan para los materiales finos valores de (N1)<sub>60</sub> entre 1 y 8 golpes/pie con lo que se puede indicar que su consistencia va de muy blanda a media. De otro lado los suelos granulares presentan valores de (N1)<sub>60</sub> de entre 4 y 27 golpes/pie con lo que su compacidad relativa va de media a densa. Los valores de (N1)<sub>60</sub> presentan una tendencia de aumento con la profundidad en los suelos granulares mientras que en el caso de los suelos finos éstos presentan en general poca variación con la profundidad y valores bajos especialmente en el caso de los suelos del sondeo ST-6.

- Los suelos finos de la zona del Canal Veranillo muestran valores de (N1)<sub>60</sub> en un rango de 2 a 9 golpes/pie con lo que se puede indicar que su consistencia es variable de blanda a firme. En el caso de los suelos granulares, para éstos se hallaron valores de (N1)<sub>60</sub> entre 2 y 13 golpes/pie que indica una compacidad relativa suelta a media. Los valores de (N1)<sub>60</sub> hallados presentan poca variación con la profundidad, ya que la mayor parte de éstos se encuentra en un rango de entre 2 y 9 golpes/pie.

### 3.6.3.2 Perfil Geotécnico promedio

De acuerdo a los resultados obtenidos en la exploración del subsuelo, los ensayos de laboratorio y las observaciones de campo, se identifican cinco tipos de materiales para la zona por la que pasa el Canal Puerto Tranca y tres tipos de materiales para el sector por el que pasa el Canal Veranillo, que en ambos casos presentan espesores y distribución variable.

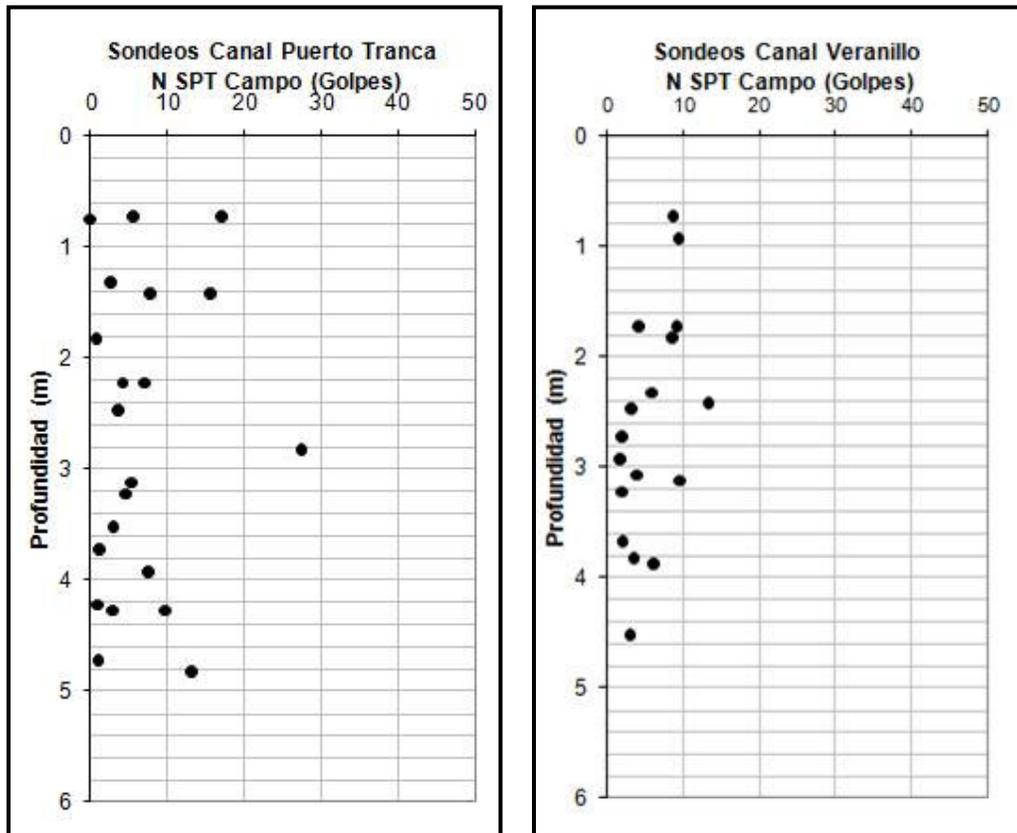


Figura 3-14. Variación de los valores de (N1)60 en función de la profundidad para los suelos de los canales Puerto Tranca y Veranillo

Las características de cada uno de los materiales definidos se presentan a continuación:

**Canal Puerto Tranca:**

- **Material 1. Arcillas de color café con vetas amarillas y grises:** Corresponde a arcillas de color café con arena, manchas de oxidación y vetas amarillas y grises, materiales que poseen contenido medio a alto de humedad, alta plasticidad y consistencia blanda a media. Esta capa fue encontrada en superficie en los sondeos ST-1 a ST-4 y presenta espesor variable entre los 1.9 y 3.4 m. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural ( $w_n$ ): 37%
- Limite Líquido (LL): 61%
- Limite Plástico (LP): 21%
- Composición granulométrica: Gravas: 0%, Arenas: 2 a 18% y Finos: 82 a 98%
- Peso unitario total ( $\gamma_t$ ): 1.86 Ton/m<sup>3</sup>
- Peso unitario seco ( $\gamma_d$ ): 1.36 Ton/m<sup>3</sup>
- Resistencia no drenada ( $q_u$ ): entre 6.8 y 14.3 Ton/m<sup>2</sup>
- Resistencia a la penetración estándar normalizada (N1)<sub>60</sub>: Entre 3 y 8 golpes/pie

- **Material 2. Arcillas de color gris verdoso:** Corresponde a una capa de arcilla de color gris verdoso con vetas de color café y manchas de óxido, presenta contenido medio a alto de humedad, alta plasticidad y consistencia blanda a media. Esta capa fue encontrada entre los 2 y 4 m de profundidad aproximadamente en los sondeos ST-2 y ST-4, y entre la superficie y entre los 2 m de profundidad en el sondeo ST-5. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural ( $w_n$ ): 39%
- Limite Líquido (LL): 55%
- Limite Plástico (LP): 26%
- Composición granulométrica: Gravitas: 0%, Arenas: 0 al 2% y Finos: 98 al 100%
- Peso unitario total ( $\gamma_t$ ): 1.83 Ton/m<sup>3</sup>
- Peso unitario seco ( $\gamma_d$ ): 1.32 Ton/m<sup>3</sup>
- Resistencia no drenada ( $q_u$ ): entre 6.3 y 15.0 Ton/m<sup>2</sup>
- Resistencia a la penetración estándar normalizada  $(N1)_{60}$ : Entre 3 y 8 golpes/pie

- **Material 3. Arenas limosas de color gris verdoso:** Corresponde a arenas mal gradadas de color gris verdoso con manchas de oxidación y vetas de color café, posee contenido de humedad medio a alto, fracción fina no plástica y compacidad relativa suelta a media. Esta capa fue encontrada desde los 2.2 m y 4.2 m y hasta la profundidad de exploración en los sondeos ST-1 y ST-2, y a lo largo de toda la profundidad de exploración en el sondeo ST-7. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural ( $w_n$ ): 24%
- Limite Líquido (LL): NL
- Limite Plástico (LP): NP
- Composición granulométrica: Gravitas: 0 al 28%, Arenas: 47 al 86% y Finos: 8 al 26%
- Peso unitario total ( $\gamma_t$ ): 1.76 Ton/m<sup>3</sup>
- Peso unitario seco ( $\gamma_d$ ): 1.42 Ton/m<sup>3</sup>
- Resistencia a la penetración estándar normalizada  $(N1)_{60}$ : entre 4 y 27 golpes/pie

- **Material 4. Arcilla de color gris verdoso con manchas de oxidación:** Corresponde a arcillas de color gris verdoso con manchas de oxidación, materiales que poseen contenido medio a alto de humedad, plasticidad media y consistencia blanda. Esta capa fue encontrada hasta la profundidad de exploración desde los 4 m y desde los 2 m de profundidad en los sondeos ST-4 y ST-5 respectivamente. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural ( $w_n$ ): 38%
- Limite Líquido (LL): 38%
- Limite Plástico (LP): 20%
- Composición granulométrica: Gravitas: 0%, Arenas: 0 al 4% y Finos: 96 al 100%
- Peso unitario total ( $\gamma_t$ ): 1.63 Ton/m<sup>3</sup>
- Peso unitario seco ( $\gamma_d$ ): 1.02 Ton/m<sup>3</sup>
- Resistencia no drenada ( $q_u$ ): 2.9 Ton/m<sup>2</sup>
- Resistencia a la penetración estándar normalizada  $(N1)_{60}$ : entre 1 y 3 golpes/pie

- **Material 5. Limo orgánico de color gris verdoso:** Corresponde a una capa de limo orgánico de color gris verdoso con presencia de basuras y material vegetal en descomposición, presenta contenido medio a alto de humedad, alta plasticidad y consistencia muy blanda. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural ( $w_n$ ): 28 a 125%
- Limite Líquido (LL): 71%
- Limite Plástico (LP): 36%
- Composición granulométrica: Gravas: 0%, Arenas: 0% y Finos: 100%
- Peso unitario total ( $\gamma_t$ ): 1.30 Ton/m<sup>3</sup>
- Peso unitario seco ( $\gamma_d$ ): 0.62 Ton/m<sup>3</sup>
- Resistencia no drenada ( $q_u$ ): 1.26 a 2.08 Ton/m<sup>2</sup>
- Resistencia a la penetración estándar normalizada ( $(N1)_{60}$ ): 1 golpe/pie

En cuanto a la condición del agua sub-superficial en el sitio de estudio, se encontró el nivel freático a las siguientes profundidades: 2.60 m en el sondeo ST-1, 3.50 m en el sondeo ST-2, 1.25 m en el ST-3, 2.70 m en el ST-4, 0.70 m en el ST-5, 0.80 m en el ST-6 y 1.10 m en el ST-7. Se debe tratar de controlar el contenido de agua en la masa de suelo que sirva como estrato portante para el proyecto, en vista de que el contenido de humedad encontrado en parte de los materiales investigados se encuentra cerca del límite plástico, con el fin de evitar que se degraden las propiedades mecánicas de dichos materiales.

#### **Canal Veranillo:**

- **Material 1. Arcillas y limos de color café con manchas de óxidos:** Corresponde a arcillas y limos de color café con arena, manchas de oxidación y vetas grises, materiales que poseen contenido bajo a medio de humedad, plasticidad media y consistencia blanda a firme. Esta capa fue encontrada en superficie en los sondeos ST-8, ST-9, ST-11 y ST-12 y presenta espesor variable entre los 2.2 y 4.3 m. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural ( $w_n$ ): 27%
- Limite Líquido (LL): 37%
- Limite Plástico (LP): 20%
- Composición granulométrica: Gravas: 0 al 3%, Arenas: 12 al 47% y Finos: 53 a 88%
- Peso unitario total ( $\gamma_t$ ): 1.92 Ton/m<sup>3</sup>
- Peso unitario seco ( $\gamma_d$ ): 1.51 Ton/m<sup>3</sup>
- Resistencia no drenada ( $q_u$ ): entre 6.2 y 14.5 Ton/m<sup>2</sup>
- Resistencia a la penetración estándar normalizada ( $(N1)_{60}$ ): Entre 2 y 9 golpes/pie

- **Material 2. Arena limosa de color café y gris:** Corresponde a una capa de arena limosa de color café claro y gris con manchas de óxidos, presenta contenido bajo a medio de humedad, fracción fina no plástica y compacidad relativa muy suelta a media. Esta capa fue encontrada entre los 2.2 y 3.7 m de profundidad en el sondeo ST-8, a lo largo de todo el sondeo ST-10 y desde los 3.5 y 4.3 m hasta la profundidad de exploración en los sondeos ST-9 y ST-12.

Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural ( $w_n$ ): 20%
- Limite Líquido (LL): NL
- Limite Plástico (LP): NP
- Composición granulométrica: Gravas: 0%, Arenas: 51 al 81% y Finos: 19 al 49%
- Peso unitario total ( $\gamma_t$ ): 1.92 Ton/m<sup>3</sup>
- Peso unitario seco ( $\gamma_d$ ): 1.50 Ton/m<sup>3</sup>
- Resistencia a la penetración estándar normalizada  $(N1)_{60}$ : Entre 2 y 13 golpes/pie

- **Material 3. Arcillas y limos de color gris verdoso:** Corresponde a arcillas y limos de color gris verdoso con arena, poseen contenido medio de humedad, fracción fina no plástica o de baja plasticidad y consistencia blanda a media. Esta capa fue encontrada desde los 3.7 m y 3.5 m y hasta la profundidad e exploración en los sondeos ST-8 y ST-1 respectivamente, y desde la superficie hasta los 4.3 m de profundidad en el sondeo ST-12. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural ( $w_n$ ): 32%
- Limite Líquido (LL): 39%
- Limite Plástico (LP): 22%
- Composición granulométrica: Gravas: 0 al 28%, Arenas: 12 al 39% y Finos: 59 al 88%
- Peso unitario total ( $\gamma_t$ ): 1.85 Ton/m<sup>3</sup>
- Peso unitario seco ( $\gamma_d$ ): 1.35 Ton/m<sup>3</sup>
- Resistencia no drenada ( $q_u$ ): 6.2 Ton/m<sup>2</sup>
- Resistencia a la penetración estándar normalizada  $(N1)_{60}$ : entre 2 y 6 golpes/pie

En cuanto a la condición del agua sub-superficial en el sitio de estudio, se encontró el nivel freático a las siguientes profundidades: 2.20 m en el sondeo ST-8, 0.90 m en el sondeo ST-9, 2.40 m en el ST-10, 0.90 m en el ST-11 y 0.30 m en el ST-12.

### 3.6.3.3 Parámetros de Resistencia al Corte

- **Con base en los resultados de las pruebas de compresión inconfiada:** En los suelos arcillosos del Canal Puerto Tranca se encontraron valores de cohesión no drenada de entre 1.47 y 7.52 Ton/m<sup>2</sup> y en las pruebas de penetración inalterada se encontraron valores de entre 1.25 y 8.75 Ton/m<sup>2</sup>. En los suelos arcillosos del Canal Veranillo se encontraron valores de cohesión no drenada de entre 3.11 y 7.27 Ton/m<sup>2</sup> en las pruebas de compresión inconfiada y de entre 2.5 y 5.4 Ton/m<sup>2</sup> en las pruebas de penetración inalterada.

- **Con base en los resultados de las pruebas de SPT:** La determinación de los parámetros de resistencia al corte (cohesión  $c'$  y ángulo de fricción  $\phi'$ ) se realizó a partir de los resultados obtenidos en el ensayo de penetración estándar SPT, para los diferentes materiales encontrados en cada sondeo (ST-1 a ST-12).

Los resultados del ensayo SPT fueron corregidos para tener en cuenta el confinamiento y la energía promedio aplicada, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$N'_i = C_N * N * \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \eta_4$$

En donde:

- $N'_i$  : Número de golpes corregido para un esfuerzo de confinamiento de  $1 \text{ kg/cm}^2$  y un determinado nivel de transmisión de energía
- $C_N$  : Factor de ajuste para tener en cuenta el nivel de confinamiento. El valor de  $C_N$  Se evaluó de la siguiente manera:

$$C_N = 1 - 1.41 \log\left(\frac{\sigma'_v}{10}\right) \quad \text{Para } \sigma'_v < 1 \text{ Ton/m}^2$$

$$C_N = 1 - 0.92 \log\left(\frac{\sigma'_v}{10}\right) \quad \text{Para } \sigma'_v > 1 \text{ Ton/m}^2$$

$$C_N \leq 2$$

- $\eta_1$  : Factor de corrección por caída del martillo. Se obtiene como la relación entre la energía impartida por el martillo a la parte superior del sistema de varillas y la energía teórica en caída libre. Las eficiencias medias son diferentes en cada país así, para Japón la eficiencia es del 72%, para USA del 60% y para Colombia del orden de 45%.
- $\eta_2$  : Factor de corrección por longitud del sistema de varillas. Los valores empleados de este factor se encuentran entre 0.75 y 0.95 dependiendo de la longitud de tubería empleada en cada caso.
- $\eta_3$  : Factor de corrección por presencia de revestimiento interno. Debido a que no se utilizó revestimiento, el factor de corrección es 1.0.
- $\eta_4$  : Factor de corrección por diámetro de la perforación. Los diámetros de las perforaciones fueron inferiores a 12 cm, por lo cual el factor de corrección es 1.0

Para estimar los valores de ángulo de fricción equivalente ( $\phi_{equiv}$ ), se utilizó la siguiente expresión:

$$\phi_{equiv} = 15 + \sqrt{20 \cdot N'_i} \quad (\text{Kishida})$$

Con el valor de  $\phi_{eq}$ , se estiman los parámetros  $c'$  y  $\phi'$  por material siguiendo la metodología propuesta por González, A. J. (1999) que consiste en graficar puntos ( $\sigma'_v$ ,  $\tau$ ) en planos Mohr -Coulomb, donde los coeficientes de una regresión lineal, corresponden a los parámetros geomecánicos efectivos buscados. El esfuerzo efectivo vertical  $\sigma'_v$ , se calcula como la diferencia entre el esfuerzo geoestático total y la presión de poros  $y$ , el esfuerzo cortante a la profundidad del ensayo,  $\tau$ , se obtiene como el producto del esfuerzo efectivo vertical por la tangente del ángulo de fricción equivalente estimado anteriormente.

En el Anexo D se presenta la tabla resumen de corrección de  $N$  del ensayo de penetración estándar y en la Figura 3-15 a la Figura 3-19 se muestran curvas de  $\tau$  vs  $s_v$  para los diferentes materiales encontrados.

### **Canal Puerto Tranca**

En las gráficas elaboradas para los materiales 1, 3 y 4 encontrados se aprecia un buen grado de correlación de la tendencia lineal, puesto que el coeficiente de correlación en ambos casos es superior al 90%. Además, a partir de los resultados obtenidos en el ensayo de compresión inconfiada y algunas correlaciones establecidas con el valor de  $N$  de campo, es posible determinar la resistencia al corte no drenada  $C_u$  de los materiales finos.

Para el caso del ensayo SPT, se utilizó la correlación propuesta por Stroud (1974)

$$C_u = 4.4.N_{Campo} (kN / m^2).$$

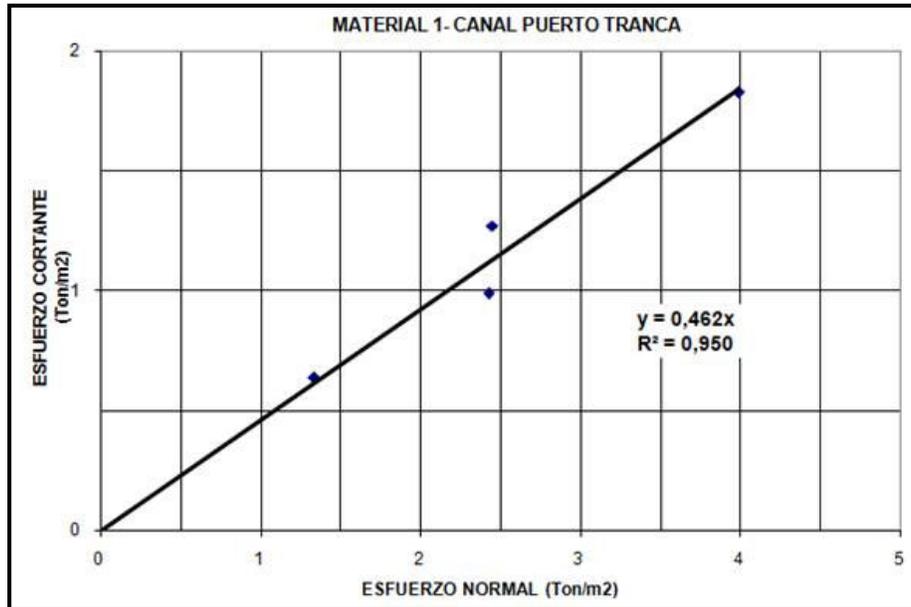


Figura 3-15. Graficas de evaluación de  $c$  y  $\phi$  a partir del valor de  $N$  de SPT – Material 1 Canal Puerto Tranca

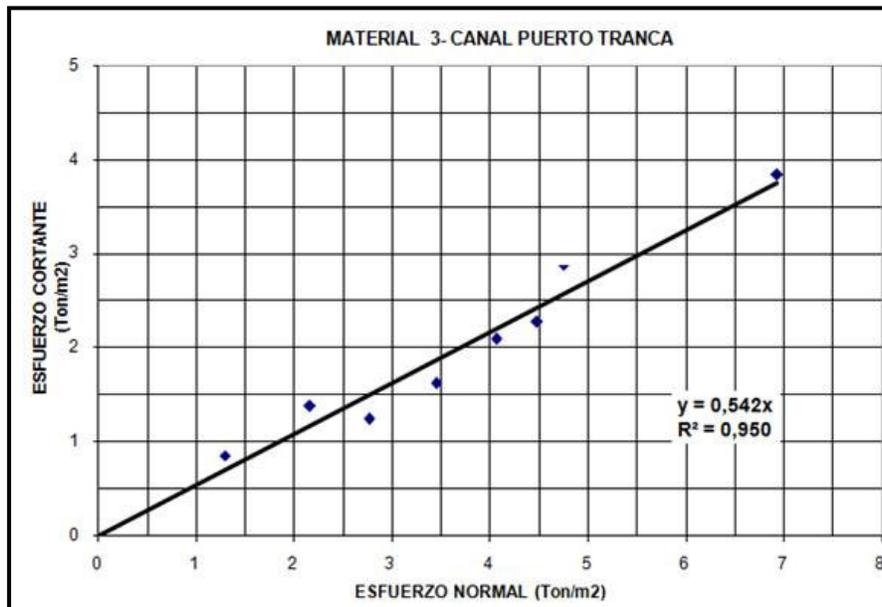


Figura 3-16. Graficas de evaluación de  $c$  y  $\phi$  a partir del valor de  $N$  de SPT – Material 3 Canal Puerto Tranca

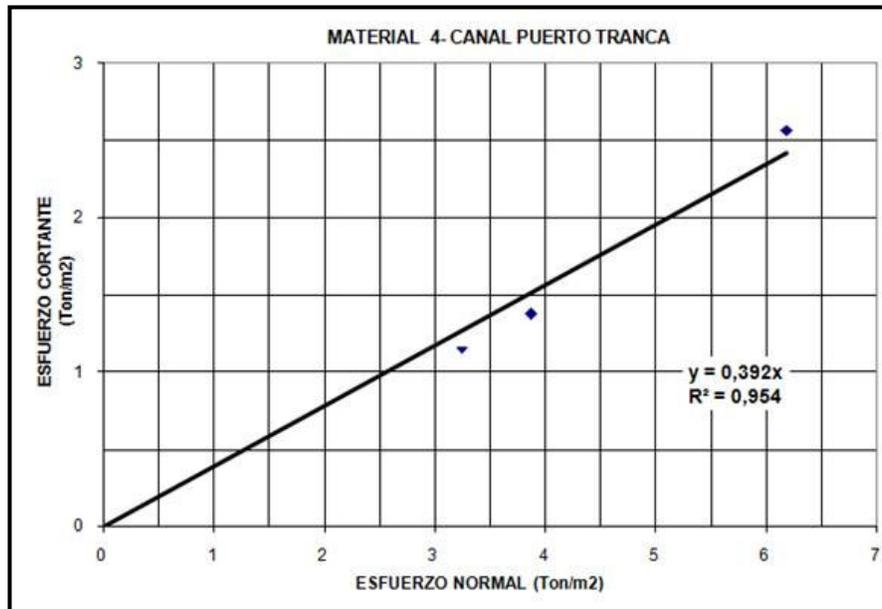


Figura 3-17. Graficas de evaluación de  $c$  y  $\phi$  a partir del valor de  $N$  de SPT – Material 4 Canal Puerto Tranca

### Canal Veranillo

En las gráficas elaboradas para los materiales 1, 2 y 3 encontrados para el Canal Veranillo se aprecia un buen grado de correlación de la tendencia lineal.

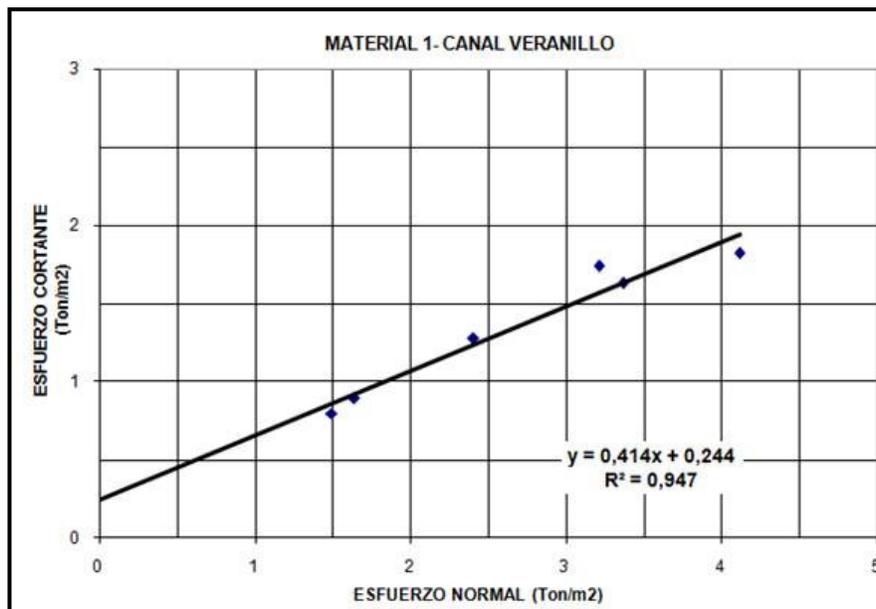


Figura 3-18. Graficas de evaluación de  $c$  y  $\phi$  a partir del valor de  $N$  de SPT – Material 1 Canal Veranillo

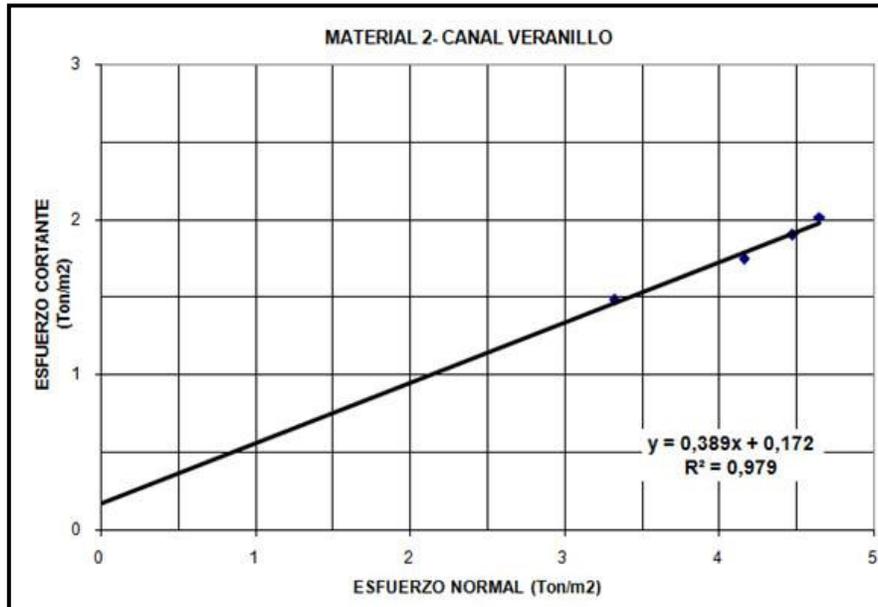


Figura 3-19. Graficas de evaluación de  $c$  y  $\phi$  a partir del valor de  $N$  de SPT – Material 2 Canal Veranillo

En la Tabla 3-14 se presentan los valores promedio de  $c'$  y  $\phi'$  obtenidos para cada material, mediante el ensayo de penetración estándar SPT y compresión confinada.

Tabla 3-14. Valores de cohesión y ángulo de fricción obtenidos Canal Puerto Tranca

Material	$c$ (Ton/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	Tipo de Ensayo
Material 1. Arcillas de color café con vetas amarillas y grises	5.3	0	Compresión confinada
	2.2	0	SPT
	0	24.8	SPT
Material 2. Arcillas de color gris verdoso	3.2	0	Compresión confinada
	1.3	0	SPT
	0	22.8	SPT
Material 3. Arenas limosas de color gris verdoso	-	30.5	SPT
	0	28.5	SPT
Material 4. Arcilla de color gris verdoso con manchas de oxidación	1.5	0	Compresión confinada
	0.9	0	SPT
	0	21.4	SPT
Material 5. Limo orgánico de color gris verdoso	0.8	0	Compresión confinada
	0.4	0	SPT
	0	19.5	SPT

**Tabla 3-15. Valores de cohesión y ángulo de fricción obtenidos Canal Veranillo**

Material	c (Ton/m <sup>2</sup> )	φ (°)	Tipo de Ensayo
Material 1. Arcillas y limos de color café con manchas de óxidos	7.27	0	Compresión confinada
	-	26.83	SPT
	0	22.49	SPT
Material 2. Arena limosa de color café y gris	-	24.38	SPT
	0	21.26	SPT
Material 3. Arcillas y limos de color gris verdoso	-	22.75	SPT
	0	23.99	SPT

Para efectos de diseño, se adoptarán los valores de  $c'$  y  $\phi'$  para cada material mostrados en la Tabla 3-16 y en la Tabla 3-17.

**Tabla 3-16. Parámetros de resistencia definitivos para cada material Canal Puerto Tranca**

Material	c (Ton/m <sup>2</sup> )	φ (°)
Material 1. Arcillas de color café con vetas amarillas y grises	0	24.8
Material 2. Arcillas de color gris verdoso	0	22.8
Material 3. Arenas limosas de color gris verdoso	0	28.5
Material 4. Arcilla de color gris verdoso con manchas de oxidación	0	21.4
Material 5. Limo orgánico de color gris verdoso	0	19.5

**Tabla 3-17. Parámetros de resistencia definitivos para cada material Canal Puerto Tranca**

Material	c (Ton/m <sup>2</sup> )	φ (°)
Material 1. Arcillas y limos de color café con manchas de óxidos	0	22.5
Material 2. Arena limosa de color café y gris	0	24.4
Material 3. Arcillas y limos de color gris verdoso	0	24.0

#### 3.6.3.4 Parámetros de Compresibilidad

En los suelos del Canal Puerto Tranca para el Material 1 se toma un valor del módulo elástico de 2150 Ton/m<sup>2</sup>, para el Material 2 2000Ton/m<sup>2</sup>, para el Material 3 21910 Ton/m<sup>2</sup>, para el Material 4 552 Ton/m<sup>2</sup> y para el Material 5 310 Ton/m<sup>2</sup>. En los suelos del Canal Veranillo se encontraron valores de 2725 Ton/m<sup>2</sup> para el Material 1, 3250 Ton/m<sup>2</sup> para el Material 2 y 1164 Ton/m<sup>2</sup> para el Material 3.

### 3.7 FACTOR ANTRÓPICO

#### 3.7.1 Urbanismo y catastro

La ocupación y uso de ésta zona se originó por razones netamente de origen natural, su cercanía al mar y sus alrededores, hace de éste municipio un territorio un foco de demanda por elementos naturales y su entorno un área de gran oferta de los mismos. La zona centro del municipio es en la actualidad el área más densa poblacionalmente ya que la zona norte, que antes estuvo densamente poblada, por efecto del proceso de movilidad está adquiriendo una nueva ocupación de asentamientos.



**Figura 3-20. Panorámica del municipio de Turbo**

En el casco urbano del municipio de Turbo, de acuerdo con lo indicado en el Plan de Ordenamiento Territorial, predomina el uso residencial, representado en la vivienda, la cual es uno de los elementos del espacio urbano de mayor significación e importancia, pues constitucionalmente es considerada como una necesidad humana básica que conjuga elementos antropológicos, culturales, sociales y de identidad con un territorio.

#### 3.7.2 Vías

El municipio de Turbo es el más grande de Antioquia pero paradójicamente tienen una gran deficiencia las condiciones de sus vías. En Turbo el 12% de los 355 km que componen la red vial se encuentra con una superficie de rodadura pavimentada y el restante 88 % se encuentra en afirmado. En la Figura 3-21 se presentan algunas fotografías en las que se ilustra el estado actual de algunas de las vías del Municipio de Turbo.

El 43% de la red vial del municipio, equivalentes a 153 km, tiene una jerarquía de red primaria, la red secundaria representa el 19 %, equivalentes a 67 km, y la terciaria corresponde a 135 km, de la red vial total del municipio de Turbo. El municipio, de acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial, administra el 18 % de la red vial municipal, correspondiente a 63 km, el Departamento tiene bajo su administración el 65 % equivalente a 230 km, la red vial nacional representa el 27 %, 25 km y 15 km de la red vial es privada o comunal equivalentes al 16%.



a) Vía aledaña al canal Puerto Tranca



b) Vía aledaña al canal Puerto Tranca



c) Vía sector centro



d) Vía aledaña al canal Puerto Tranca

**Figura 3-21. Aspecto actual de algunas vías del Municipio de Turbo**

### 3.7.3 Manejo de aguas de escorrentía y alcantarillado

Los caños hacen parte del sistema de drenaje del río Turbo y en la historia de este poblado han pasado de ser soporte funcional del asentamiento a convertirse en cloacas urbanas que recorren el municipio limitando naturalmente áreas de urbanización.

De este sistema natural de irrigación han desaparecido ya algunos brazos, por desecación o por urbanización y, otros, han aparecido por desvío de cauces para facilitar soluciones a represamientos o, para solucionar problemas de aguas servidas.

- *Caño Puerto Tranca*: A partir del barrio Jesús Mora, recibe aguas servidas y algunos desechos sólidos que causan represamientos en temporada invernal, aparte de los normales represamientos en marea alta que se dan hacia la desembocadura.

- *Caño Veranillo*: recibe la descarga de las aguas negras de algunos barrios. Descarga en el antiguo cauce del Río Turbo y aún hoy al final de su recorrido, un corto tramo sirve para el tránsito de pequeñas embarcaciones de pescadores apostados en sus riberas.

- *Caño El Waffe*: A pesar de su relevancia demuestra problemas ambientales y de afectación paisajística, entre otras cosas porque recibe las aguas contaminadas de los caños Puerto Tranca y Veranillo y porque no se ejerce ningún control sobre la disposición de desechos generados por las embarcaciones que llegan diariamente.

Carece en general de infraestructura física y de extensión de redes de alcantarillado y acueducto tanto a escala urbana como rural. En la cabecera se agrava la situación por la constante llegada de población rural.

De acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial, respecto a los otros municipios de la zona central Turbo presenta el menor cubrimiento. El alcantarillado es una obra en curso con la que se espera una cobertura residencial del 55%, equivalente a unos 4.000 usuarios. Al momento el total de cobertura está en 20.6%; la cabecera tiene el 45% de cobertura y el resto sólo llega al 5.9%.

En la Figura 2-1 y en la Figura 2-2 se presentan algunas fotografías en las que se muestra el estado actual de los canales Veranillo y Puerto Tranca.

### **3.8 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.

<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.

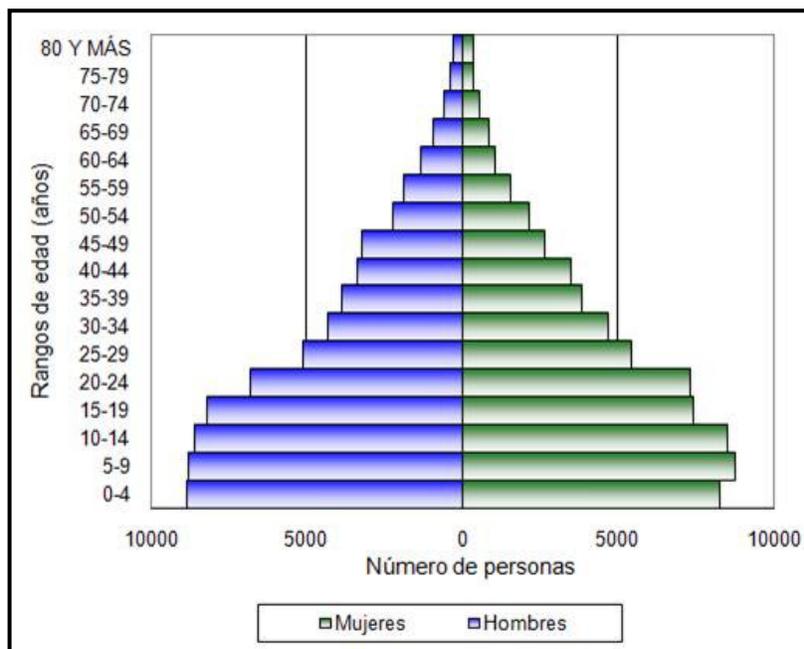
<sup>2</sup> La vulnerabilidad es compleja, multicausal y está compuesta por varias dimensiones analíticas, pues confluyen aspectos de los individuos u hogares y características económicas, políticas, culturales y ambientales de la sociedad. BUSO G. 2002 La vulnerabilidad sociodemográfica en Nicaragua: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

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.

### 3.8.1 Variables municipales

#### 3.8.1.1 Población

El Municipio de Turbo ha tenido un proceso de urbanización constante ya que en 1999 la población urbana representaba el 38.2%<sup>3</sup>, para el 2005 la población total municipal era de 121.919, de la cual el 38.8% (47.259) se concentraba en la cabecera municipal, en tanto que el 61.2% (74.660) 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 135.967 personas, de ellas, el 39.3% (53.461) ocupan el casco urbano y el 60.7% (82.506) viven en el área rural.



**Figura 3-22. Distribución poblacional por grupo de edad, Municipio de Turbo 2009. Fuente: Información DANE. Elaboración propia.**

Al examinar la estructura poblacional es posible decir que el 38.1% de la población tiene edades entre 0 y 14 años, el 57.0% de los habitantes municipales está entre los 15 y 59 años de edad y el 4.9% de la población es mayor de 60 años. Además, existe una distribución porcentual muy similar entre hombres y mujeres, con una representación del 50.7% y 49.3% de cada género respectivamente, como se muestra en la Figura 3-22. Ello indica que la población del municipio corresponde a un comportamiento expansivo, con predominio de los grupos de edad jóvenes.

<sup>3</sup> Plan de Ordenamiento Territorial. Parte 5. Dimensión socio cultural.

### 3.8.1.2 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 44%, 31% y 77% respectivamente.

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 “Bajo” y ello quiere decir que se considera agua no apta para consumo humano, pero es susceptible de mejoramiento<sup>6</sup>.

### 3.8.1.3 Hogares

Con relación a la información de sobre hacinamiento, según el censo de 2005, en el municipio el 43% (11.286) 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 100% 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 (42.7%) y la dificultad de conseguir trabajo (22.5%).

### 3.8.1.4 Las viviendas

En un 93% de los casos, las viviendas son empleadas únicamente como sitio de residencia, en tanto que en un 7% es empleada como unidad económica. Los materiales predominantes en las paredes de las viviendas corresponde a bloque, ladrillo, piedra o madera pulida en un 59.4%, seguido de madera pulida, tabla o tablón en un 37.8% y un 2.8% en otros materiales. En tanto que los materiales predominantes en los pisos son el cemento o gravilla en un 55%, 20% en tierra o arena y un 15% en baldosa, vinilo o tableta.

<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.

<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/>

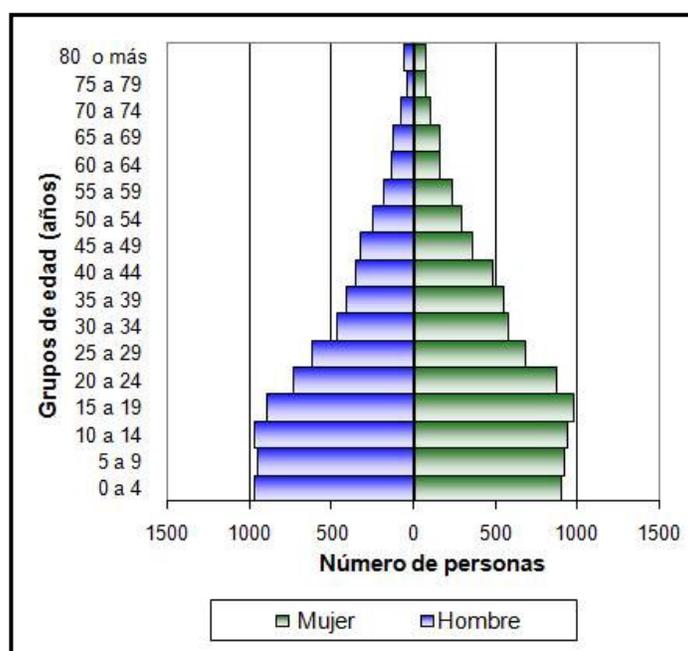
### 3.8.2 Variables área de influencia.

Con base en el diagnóstico de la problemática de amenazas, vulnerabilidad y riesgo por inundación de los canales Veranillo y Puerto Tranca, y de los resultados arrojados por el estudio base se identificaron 137 manzanas ubicadas en el área de influencia de la amenaza.

#### 3.8.2.1 Población

Tomando la información reportada por el Censo de 2005, elaborado por el DANE, para las 137 manzanas es posible decir que el comportamiento en edades se mantiene similar al municipal, mientras que el porcentaje masculino y femenino se invierte en esta área.

El total de la población censada en estas manzanas fue de 15.962 personas, de ellas, 5.660 (35.5%) personas que tiene edades entre 0 y 14 años, 9.278 (58.1%) personas están entre los 15 y 59 años de edad y 1.026 personas (6.4%) es mayor de 60 años. Además, existe una representación mayoritaria de la población femenina 52.1% (8.320 mujeres) y un 47.9% (7.642 hombres) de población masculina. En la Figura 3-23 se ilustra lo indicado anteriormente.



**Figura 3-23. Distribución poblacional por grupo de edad. Manzanas Área de Estudio. Municipio de Turbo 2005. Fuente: Información DANE. Elaboración propia.**

La Figura 3-23 indica que la población del área sujeto de estudio corresponde a un comportamiento expansivo, con predominio de los grupos de edad jóvenes, con un aumento claro de mujeres jóvenes entre los 10 a 39 años, con relación a los hombres de la misma edad.

Con relación a la escolaridad de los habitantes de éstas manzanas, se puede decir que el 11.2% de la población no cuenta con ningún nivel de escolaridad, el 11.2% han llegado a cumplir todo el ciclo de básica primaria, en tanto que el 17.5% de la población ha completado el ciclo hasta grado 11.

Por otra parte, el número de personas reportadas con alguna limitación física, que habitan en el área de estudio eran 937 personas, que corresponde al 5.9% del total de la población.

#### *3.8.2.2 Servicios públicos*

La cobertura de servicios públicos, según el censo del 2005, en el área sujeto de estudio, eran de 75.1% para acueducto, 47.6% en alcantarillado y 94.2% en energía eléctrica, indicando una mayor cobertura que en el promedio municipal.

#### *3.8.2.3 Las viviendas*

En el área de estudio las viviendas son empleadas como sitio de residencia exclusiva en un 81.5% de los casos, como uso para el desarrollo de alguna actividad económica un 18.5%.

El tipo de vivienda predominante es la casa con un 75.8% de representatividad, seguido del apartamento 10.6%, en tanto que los inquilinatos o tipo cuarto se presentan en un 13.6%.

## CONTENIDO

4	EVALUACIÓN DE LA AMENAZA .....	3-1
4.1	INTRODUCCIÓN.....	3-1
4.2	AMENAZA POR INUNDACIÓN.....	3-1
4.2.1	Zonificación geomorfológica.....	3-2
4.2.2	Evaluación hidráulica .....	3-2
4.2.2.1	Generalidades.....	3-2
4.2.2.2	Descripción general del modelo Hec-Ras .....	3-2
4.2.2.3	Resultados de la caracterización.....	3-3
4.2.3	Categorización de la Amenaza.....	3-7
4.2.4	Precisión de la modelación de la amenaza .....	3-10
4.2.5	Resultados .....	3-10

## 1 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Con la información base presentada en los capítulos anteriores se procede a establecer las zonas de amenaza por inundación en los canales Veranillo y Puerto Tranca, a la altura del casco urbano del municipio de Turbo.

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

### 1.2 AMENAZA POR INUNDACIÓN

Una planicie o llanura de inundación es un área usualmente seca adyacente al cuerpo de agua, que 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 cuerpo de agua en valles amplios y planos.

El cauce 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 cauce 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 cauce hacia las zonas adyacentes (llanuras de inundación), según se muestra en la Figura 1-1.

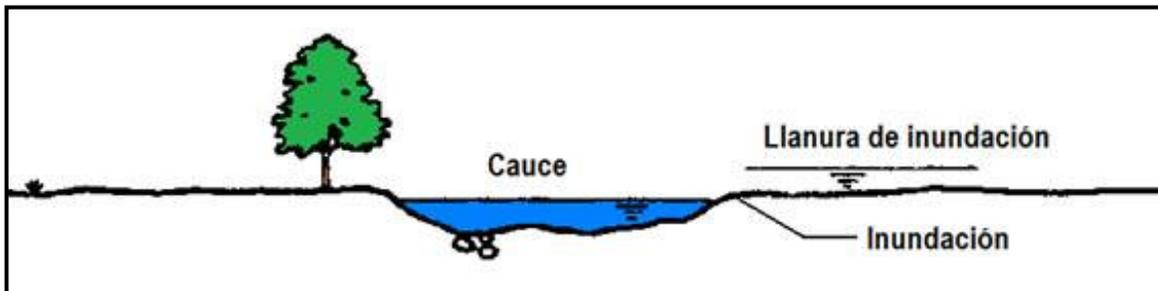


Figura 1-1. Definición de la ocurrencia de una inundación

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 de la población de Turbo.

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 describen los análisis realizados y los resultados obtenidos.

### **1.2.1 Zonificación geomorfológica**

De acuerdo con lo indicado en el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio, la zona de estudio se encuentra dentro de la macro unidad abanico aluvial, la cual se ve afectada con periodicidad por inundaciones. La topografía del terreno en el que se sitúa el casco urbano del municipio y en especial los sectores por los que pasan los canales Veranillo y Puerto Tranca presentan bajas pendientes y características similares por lo que se pueden considerar como pertenecientes a una zona unidad geomorfológica.

La extensión de las zonas amenazadas por inundaciones depende de la intensidad y duración de las lluvias, aunque existen factores que contribuyen a su ocurrencia como la depositación de basuras, aguas negras y desechos orgánicos. Las casas que se encuentran sobre los márgenes de los caños Puerto Tranca y Veranillo además de verse afectadas por desbordes presentan problemas de salubridad.

### **1.2.2 Evaluación hidráulica**

Los análisis ejecutados en el área de conocimiento de la hidráulica se orientaron a la caracterización hidráulica de los caños Puerto Tranca y Veranillo que consiste en el cálculo de los valores de niveles de agua y los valores de velocidad de flujo en el cauce y riberas de los caños Puerto Tranca y Veranillo, asociados a los caudales con períodos de retorno de: 2, 10, 50 y 100 años, con el fin de establecer los grados de amenaza a la inundación.

La caracterización hidráulica se fundamenta en los siguientes aspectos:

#### **1.2.2.1 Generalidades**

Para hallar los parámetros hidráulicos de los caños Puerto Tranca y Veranillo, se utilizó el software HEC-RAS del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos Versión 4.0, utilizando las secciones transversales de los caños previamente seleccionadas y los caudales máximos para diversos períodos de retorno con el fin de generar los espejos de agua.

#### **1.2.2.2 Descripción general del modelo Hec-Ras**

El Modelo Matemático HEC-RAS desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos denominado "Water Surface Profiles", calcula los perfiles superficiales del agua para las condiciones de un flujo permanente o no permanente y gradualmente variado en canales naturales o artificiales. Este procedimiento está basado en solucionar la ecuación unidimensional de energía con las pérdidas por fricción evaluadas por medio de la ecuación de Manning; en el presente estudio se consideraron condiciones de flujo permanente y no uniforme.

Los parámetros básicos de entrada del programa HEC-RAS son la geometría del cauce (secciones transversales), distancia de separación entre las secciones transversales seleccionadas, las rugosidades y las condiciones de niveles aguas abajo y/o arriba, dependiendo del régimen del flujo.

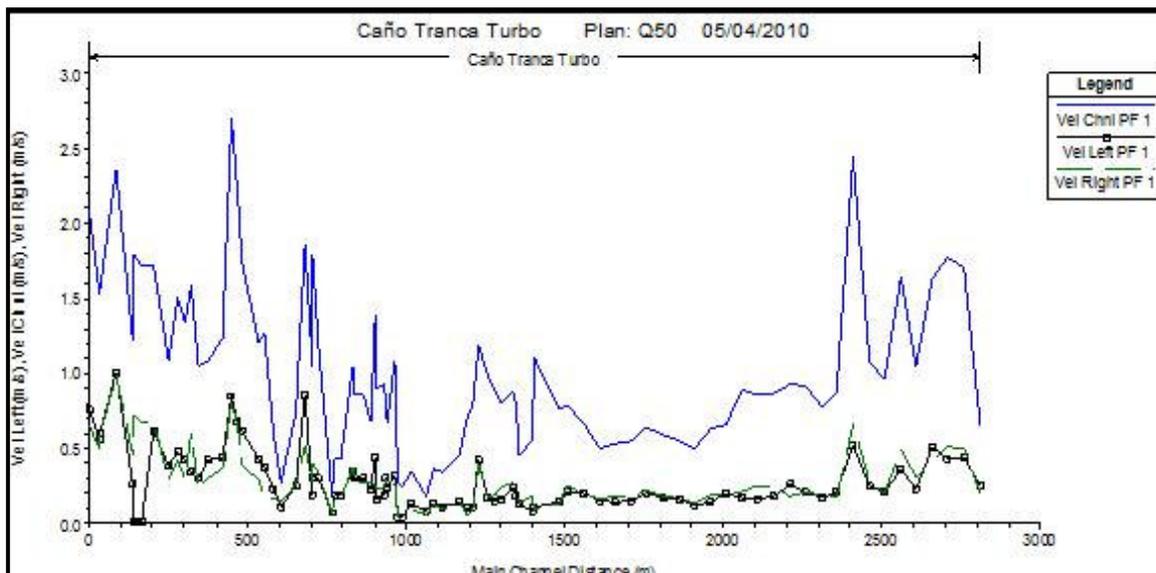
El programa está diseñado para el cálculo de secciones transversales con flujo de variación gradual para canales naturales o artificiales con pendientes longitudinales entre 0.10 m/m (Capítulo 2 página 2-205 del manual del usuario) y 0.0001 m/m (Capítulo 10, Tránsito de Onda Dinámica, página 3206 del manual del usuario).

### 1.2.2.3 Resultados de la caracterización

A continuación se presentan los resultados más relevantes de la modelación hidráulica de los canos Puerto Tranca y Veranillo.

**Caño Puerto Tranca:** El caño Puerto Tranca en el tramo de 2550 metros a su paso por la zona urbana presenta las siguientes características dinámicas:

Para el caudal máximo esperado de 50 años de retorno, la velocidad media del flujo en el canal oscila entre 0.14 y 2.58 m/s, el número de Froude que es la relación entre la velocidad media y la raíz cuadrada del producto de la constante de gravedad por la profundidad media de la sección, oscila entre 0.04 y 0.95, correspondiendo a un régimen de flujo entre subcrítico o tranquilo y supercrítico o rápido, siendo sus mayores valores en la parte alta del río; la profundidad media mayor es de 1.53 m, y la menor es de 0.27 m. En la Figura 1-2 se presenta la variación de las velocidades en el canal y en las márgenes del Caño Puerto Tranca, para la creciente de 50 años.



**Figura 1-2. Velocidades media del flujo en el canal y en las márgenes del caño generados por el Hec Ras para la Creciente Máxima de 100 años de retorno**

Para la creciente media anual, es decir, la correspondiente a 2 años de retorno, la velocidad media del flujo en el canal oscila entre 0.14 y 2.58 m/s, el número de Froude que es la relación entre la velocidad media y la raíz cuadrada del producto de la constante de gravedad por la profundidad media de la sección, oscila entre 0.03 y 1.02, correspondiendo a un régimen de flujo entre subcrítico o tranquilo y supercrítico o rápido, siendo sus mayores valores en la parte alta del caño; la profundidad media mayor es de 1.72 m, y la menor es de 0.23 m. En la Figura 1-3 y la Figura 1-4 se resumen los resultados de la modelación con el programa Hec Ras en el caño Puerto Tranca para un periodo de retorno de 50 años.

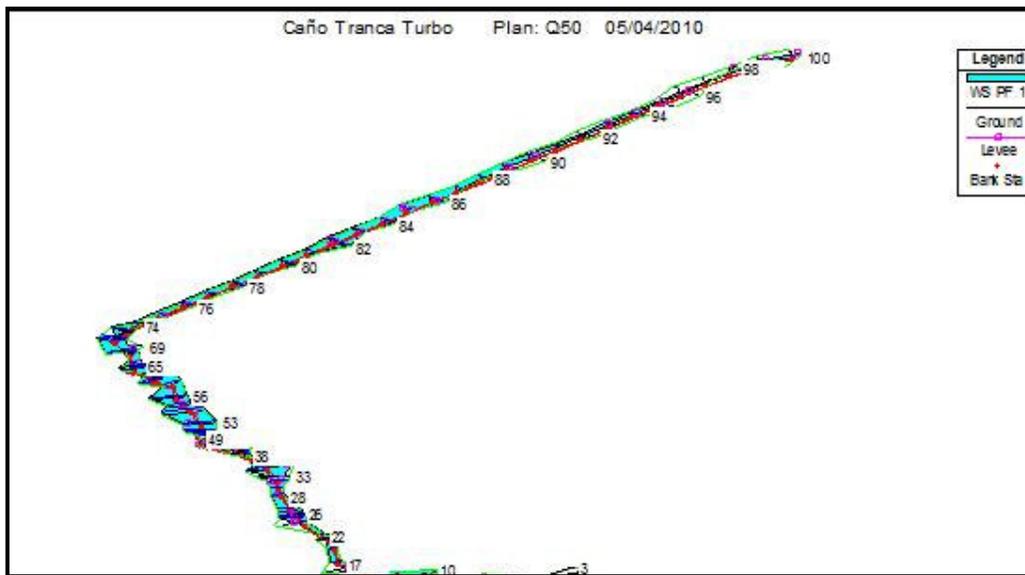


Figura 1-3. Perspectiva General de la Modelación en Hec Ras del caño Puerto Tranca

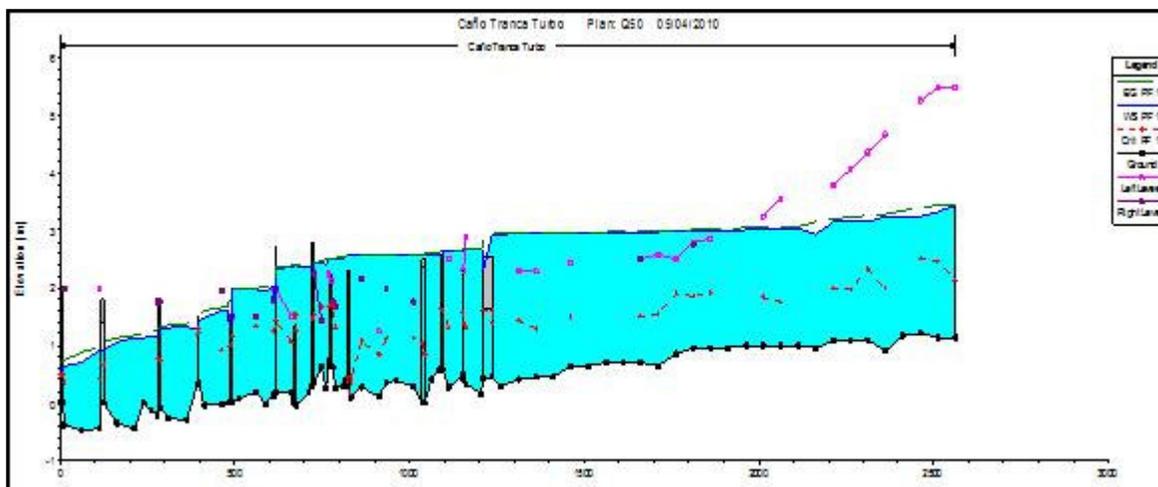


Figura 1-4. Perfil longitudinal del caño Puerto Tranca obtenidos del Hec Ras para la Creciente Máxima de 50 años de retorno

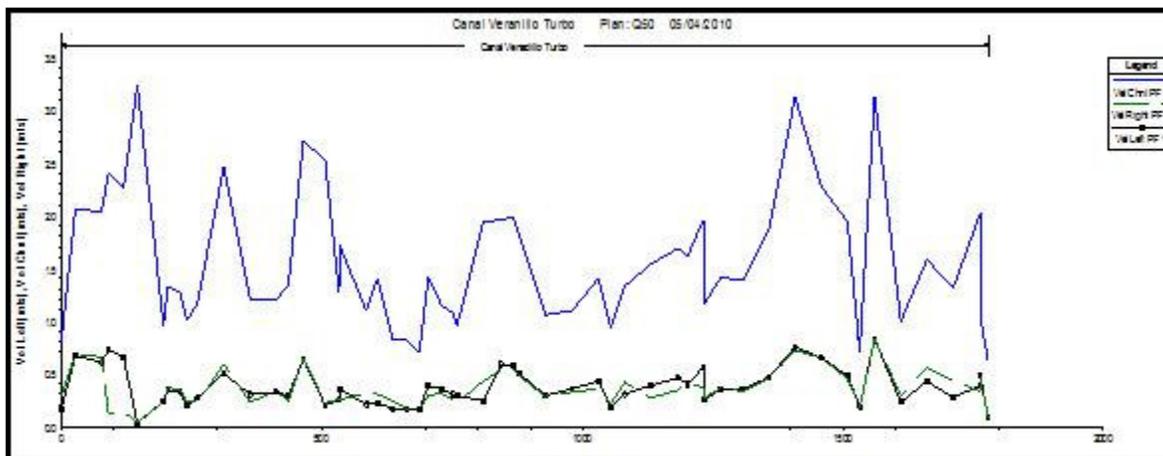
**Gálidos:** El gálido, es decir, la distancia vertical entre la lámina de agua y el borde inferior de la viga del puente o pontón, para las estructuras que cruzan el caño Puerto Tranca, durante la ocurrencia de las crecientes extremas simuladas de 50 y 2 años, se presentan las siguientes características:

Para la simulación de 50 años de retorno en el caño Puerto Tranca, las intersecciones (puentes, box culvert) localizados en las abscisas K1+325, K1+407, K1+467, K1+520, K1+784, K1+887 y K2+274 se rebosan y no genera gálido alguno, mientras que las demás obras de drenaje viales el flujo discurre bajo el tablero.

Para la simulación de 2 años de retorno en el caño Puerto Tranca, la intersección localizada en la abscisa K1+887 discurre por debajo del tablero ajustado sin generar gálido alguno, mientras que las demás obras de drenaje viales el flujo discurre bajo el tablero.

**Caño Veranillo:** El caño Veranillo en el tramo de 1658 metros de su paso por la zona urbana presenta las siguientes características dinámicas:

Para el caudal máximo esperado de 50 años de retorno, la velocidad media del flujo en el canal oscila entre 0.62 y 3.24 m/s, el número de Froude que es la relación entre la velocidad media y la raíz cuadrada del producto de la constante de gravedad por la profundidad media de la sección, oscila entre 0.11 y 1.01, correspondiendo a un régimen de flujo entre subcrítico o tranquilo y supercrítico o rápido, siendo sus mayores valores en la parte alta del río; la profundidad media mayor es de 1.85 m, y la menor es de 0.18 m. En la Figura 1-5 se presenta la variación de las velocidades en el canal y en las márgenes del caño Veranillo, para la creciente de 50 años.



**Figura 1-5. Velocidades media del flujo en el canal y en las márgenes del Caño Veranillo generados por el Hec Ras para la Creciente Máxima de 100 años de retorno**

Para la creciete media anual, es decir, la correspondiente a 2 años de retorno, la velocidad media del flujo en el canal oscila entre 0.29 y 3.07 m/s, el número de Froude que es la relación entre la velocidad media y la raíz cuadrada del producto de la constante de gravedad por la profundidad media de la sección, oscila entre 0.06 y 1.22, correspondiendo a un régimen de flujo entre subcrítico o tranquilo y supercrítico o rápido, siendo sus mayores valores en la parte alta del caño; la profundidad media mayor es de 2.65 m, y la menor es de 0.37 m. En la Figura 1-5 y la Figura 1-6 se resumen los resultados de la modelación con el programa Hec Ras en el caño Veranillo para un periodo de retorno de 50 años.

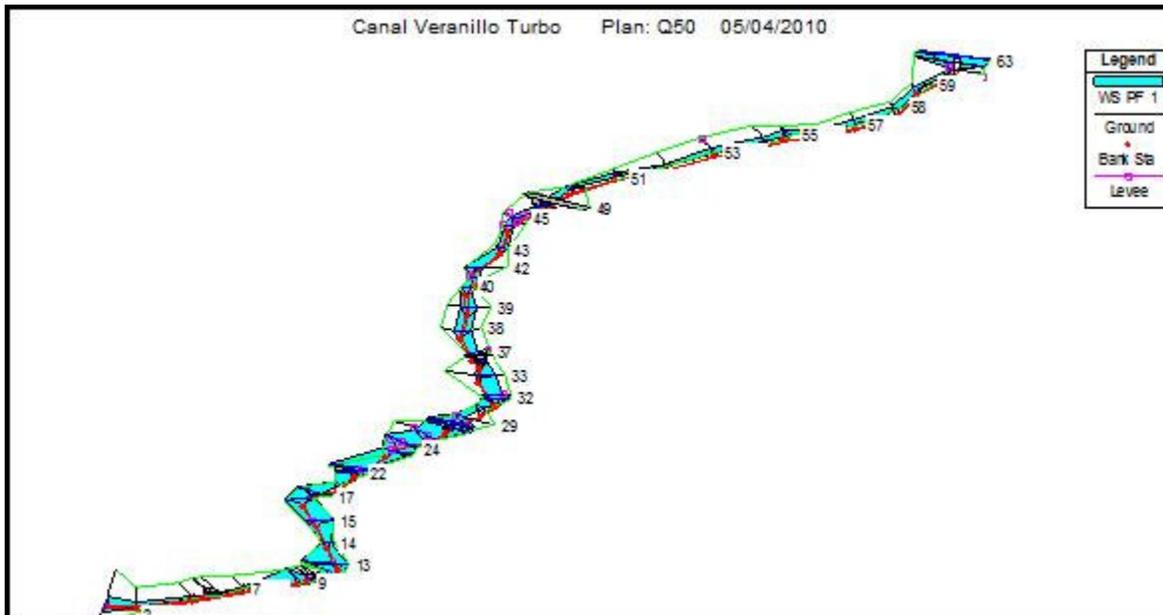


Figura 1-6. Perspectiva General de la Modelación en Hec Ras del caño Veranillo

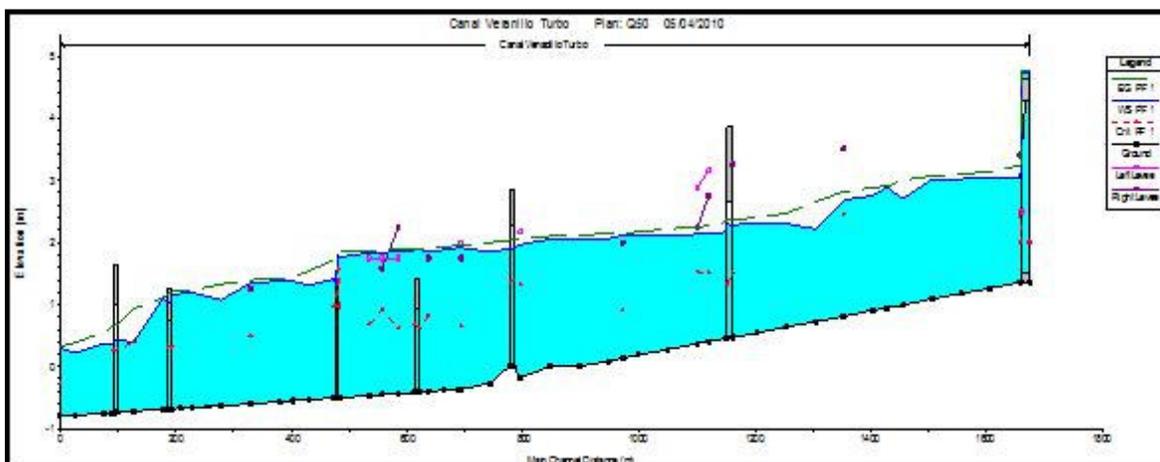


Figura 1-7. Perfil longitudinal del caño Veranillo obtenidos del Hec Ras para la Creciete Máxima de 50 años de retorno

*Gálidos:* El gálido, es decir, la distancia vertical entre la lámina de agua y el borde inferior de la viga del puente o pontón, para las estructuras que cruzan el caño Veranillo, durante la ocurrencia de las crecientes extremas simuladas de 50 y 2 años, se presentan las siguientes características:

Para la simulación de 50 años de retorno en el caño Veranillo, las intersecciones (puentes, box culvert) localizadas en las abscisas K1+137, K1+176, K1+463 y K1+558 se rebosan y no generan gálido alguno, mientras que las demás obras de drenaje viales el flujo discurre bajo el tablero.

Para la simulación de 2 años de retorno en el caño Veranillo, en las obras de drenaje viales el flujo discurre bajo el tablero.

### 1.2.3 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 de los caños Puerto Tranca y Veranillo, 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 los caños Puerto Tranca y Veranillo se trazaron las curvas de inundación para los Tr de 50 y 100 años, se identificaron desbordes del nivel de agua (inundación) en algunos sectores de los caños Puerto Tranca y Veranillo, que se muestran en los planos C-6 y C-7 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 los caños Puerto Tranca y Veranillo, las crecientes que generan inundación son las correspondientes a los periodos de retorno de 2, 10, 25, es decir que los eventos de inundación son frecuentes en algunos sectores de los caños debido a la baja capacidad hidráulica de las estructuras hidráulicas de intersección, invasión de las riberas de los caños y al mal manejo de residuos sólidos.

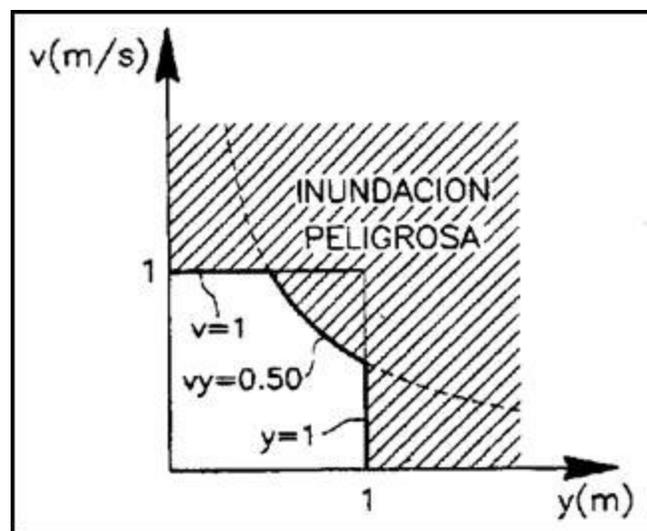
Para efectos de la categorización de la amenaza, la zona inundable con tr de 25 años se define como amenaza media, mientras la zona de inundación para el tr de 50 años se define como baja, finalmente se considera como amenaza alta los periodos de retorno menores a 25 años.

**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 de los caños 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 Turbo, 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  $1\text{ m/s}$  y el producto de ambas ( $vy$ ) mayor de  $0.5\text{ m/s}$ , según se muestra en la Figura 1-8.



**Figura 1-8. 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 1-1. Matriz de intensidad del evento, parámetros hidráulicos altura y velocidad de flujo**

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

**Tabla 1-2. Matriz de intensidad del evento del producto de los parámetros hidráulicos velocidad (v) y altura de flujo (y)**

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

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

**Tabla 1-3. 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  $1 \text{ m/s}^2$ . De acuerdo con los análisis efectuados no se encontraron zonas de amenaza alta por inundación en las zonas aledañas a los canales Veranillo y Puerto Tranca.

**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  $1 \text{ m/s}^2$ . Las zonas en las que se encontró una amenaza media incluyen las zonas más próximas a los canales Veranillo y Puerto Tranca a lo largo de su paso por la zona urbana del municipio de acuerdo con lo mostrado en los planos del Anexo F.

**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  $0.50 \text{ m/s}^2$ . Las zonas en las que se encontró una amenaza media incluyen las zonas exteriores a las zonas de amenaza alta de los canales Veranillo y Puerto Tranca a lo largo de su paso por la zona urbana del municipio de acuerdo con lo mostrado en los planos del Anexo F.

#### **1.2.4 Precisión de la modelación de la amenaza**

Como ya se menciona anteriormente la precisión de los resultados obtenidos se definió en función de la comparación cartográfica de los diferentes temáticos relacionados, así se comparó el mapa el mapa de amenaza por inundación del área urbana de Turbo, establecido en el POT con los límites obtenidos de la modelación hidráulica. La comparación muestra una buena concordancia con los límites de inundación del área inundables para Tr de 2 a 50 años.

En conclusión se puede afirmar que los resultados presentados son coherentes ajustados a la realidad del proceso físico, es decir reflejan la condición de inundación de la zona urbana del Municipio de Turbo.

#### **1.2.5 Resultados**

El evento de inundación de la zona urbana de Turbo se presenta para periodos de retorno mayores a 25 años, que se consideran probabilidades de ocurrencia media.

El nivel de peligrosidad varía de medio a bajo en vista de que las velocidades de flujo y alturas de la lámina de agua son inferiores a 1 m/s y 1 m respectivamente. En las áreas cercanas al cauce principal, donde las viviendas se han invadido los márgenes de las orillas de los canales se presentan niveles de peligrosidad medios y a medida que se alejan de la orilla esta condición disminuye a una zona considerada de baja afectación.

Se puede considerar que el comportamiento de los canales hace parte de una sola zona, dado que tanto el Caño Veranillo como el Puerto Tranca desembocan en el mismo cuerpo de agua – Caño El Waffe – y transcurren por sectores en que el crecimiento urbano se ha dado de manera no controlada y en donde se encuentran invasiones a las zonas de ronda hidráulica e incluso en el propio cauce. Sin embargo se puede dividir en dos zonas el comportamiento de los canales si se tiene en cuenta que en el caso del caño Puerto Tranca el proceso de urbanización se ha dado en forma más intensa.

Las afectaciones no se concentran en sectores específicos a lo largo del recorrido de los canales por la zona urbana, sino que se dan en las zonas bajas y en los sectores en que los canales o las obras hidráulicas en los cruces con las vías urbanas no cuentan con la sección suficiente para transportar el caudal de las crecientes.

## CONTENIDO

5	EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD .....	2-1
5.1	INTRODUCCIÓN.....	2-1
5.2	IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS .....	2-1
5.3	CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS.....	2-1
5.4	IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS GENERADORES DE DAÑO .....	2-5
5.5	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD .....	2-5
5.5.1	Matrices de daño.....	2-5
5.5.2	Valoración de la vulnerabilidad.....	2-6
5.5.3	Vulnerabilidad de la sociedad.....	2-7
5.5.4	Vulnerabilidad institucional .....	2-14

## **2 EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

La Evaluación de Vulnerabilidad se adelanta a partir de la identificación de los elementos urbanos localizados sobre las márgenes y valles de inundación de los canales Veranillo y Puerto Tranca. Es así como a partir del inventario de manzanas y la zonificación por los eventos de inundación 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.

### **2.2 IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS**

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

Para tal efecto el área de estudio se delimito urbanísticamente, con las manzanas que se identificaron que posiblemente podían ser afectadas por la ocurrencia de eventos de inundación. En el Anexo A se presenta el mapa base en el que aparece la delimitación del área de estudio. La Tabla 2-1 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.

### **2.3 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.

**Tabla 2-1. Listado de manzanas consideradas en el análisis de vulnerabilidad**

Barrio	Manzana	Barrio	Manzana	Barrio	Manzana	Barrio	Manzana
003	015	010	005	013	026	017	030
003	016	010	006	013	027	017	031
003	018	010	009	013	028	017	032
003	019	010	011	013	029	017	033
003	020	011	001	013	030	017	034
004	012	011	002	013	031	017	035
004	013	011	003	013	032	017	036
004	014	011	004	013	033	017	037
004	015	011	005	013	034	017	038
006	004	011	006	013	042	018	001
006	005	011	007	013	043	022	016
006	006	011	008	013	045	022	017
006	007	011	009	014	052	022	018
006	018	011	010	014	064	022	019
006	019	011	014	014	065	022	021
008	001	011	015	014	069	022	022
008	002	011	016	014	070	022	023
008	003	012	001	016	001	022	024
008	004	012	002	016	002	022	025
008	005	012	008	016	003	022	026
008	006	013	002	016	004	022	027
008	007	013	005	016	005	022	028
008	008	013	006	016	006	024	001
009	001	013	007	016	007	024	002
009	002	013	008	016	008	024	003
009	003	013	009	016	009	024	004
009	004	013	010	017	019	024	005
009	005	013	011	017	020	024	006
009	006	013	015	017	021	024	007
009	007	013	016	017	022	024	008
009	008	013	017	017	023	024	009
009	009	013	018	017	024	024	010
009	010	013	019	017	025	024	011
010	001	013	020	017	026	024	012
010	002	013	023	017	027		
010	003	013	024	017	028		
010	004	013	025	017	029		

NOTA: Se presenta el listado de manzanas de acuerdo con la codificación que aparece en el plano 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 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. 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. En la Figura 5.1 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 63 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. La Figura 5.2, muestra la tipología característica por manzana.

## 2.4 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS GENERADORES DE DAÑO

Esta identificación busca para el evento generador de daño – inundación - 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 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.

## 2.5 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

### 2.5.1 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 estableció la siguiente matriz de afectación en función de la velocidad de flujo:

De acuerdo al criterio de peligrosidad, las velocidades son bajas si son menores 0.5 m/s<sup>2</sup> 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:

**Tabla 2-2. 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

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:

**Tabla 2-3. 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

## 2.5.2 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 2-4.

**Tabla 2-4. Categorización niveles de vulnerabilidad**

Niveles	Vulnerabilidad
MB Muy Bajo	<0.1
B Bajo	0.1<=B<0.3
M Medio	0.3<=M<0.6
A Alto	0.6<=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-4 Vulnerabilidad de Edificaciones, empleando el criterio semáforo, esto es:

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

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede establecer que la vulnerabilidad corporal por los eventos tipo inundación se encuentra en general en un rango bajo para los canales Veranillo y Puerto Tranca.

La vulnerabilidad física por eventos de inundación se encuentra en un rango variable de bajo a alto en el Canal Puerto Tranca. Dentro de las manzanas contempladas en la zona de estudio que están situadas en zona de vulnerabilidad física baja por inundación se encuentran 11 del barrio Manizales, 12 del barrio Julia Orozco, 3 del barrio Jesús Mora, 1 del Barrio manuela Beltrán, 6 del barrio Buenos Aires y 2 del Barrio Gaitán. En zona de vulnerabilidad física media se encuentran 6 manzanas del Barrio Julia Orozco, 1 del Barrio Jesús Mora, 13 del Barrio buenos Aires y 5 del Barrio El Centro. En zona de vulnerabilidad física alta se encuentran 2 manzanas del Barrio julia Orozco, 1 del Barrio Jesús Mora, y 6 del barrio Buenos Aires.

En el caso del Canal veranillo la vulnerabilidad física por eventos de inundación se encuentra también en un rango variable de bajo a alto. Dentro de las manzanas contempladas en la zona de estudio que están situadas en zona de vulnerabilidad física baja por inundación se encuentran 8 del Barrio Monterrey, 4 del Barrio Veranillo, 6 del Barrio Baltazar, 6 del Barrio Juan XXIII, 6 del Barrio Las Delicias, 4 del Barrio El Centro, 3 del Barrio San Martín y 3 del Barrio Obrero. En zona de vulnerabilidad física media se encuentran 2 manzanas del Barrio Monterrey, 1 del Barrio Ciudadela Industrial, 2 del Barrio Veranillo, 1 del Barrio Juan XXIII, 1 del Barrio San Martín, 2 del Barrio Obrero y 3 del Barrio El Centro. En zona de vulnerabilidad física alta se encuentran 2 manzanas del Barrio Ciudadela Industrial, 2 del Barrio Veranillo, 1 del Barrio Baltazar y 1 del Barrio El Centro.

### 2.5.3 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>8</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.

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

---

<sup>8</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.

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>9</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 2-5.

**Tabla 2-5. 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.

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 2-6 a los factores definidos.

<sup>9</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.

**Tabla 2-6. Fragilidad social y factor de resiliencia por manzana**

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

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. 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 2-7.

**Tabla 2-7. Clasificación de la fragilidad social por vivienda**

<b>Fragilidad social</b>	<b>Calificación</b>
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>10</sup>, un hogar es más vulnerable 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.

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 2-8.

**Tabla 2-8. Fragilidad social y factor de resiliencia por familia**

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

1 10 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)

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 2-9.

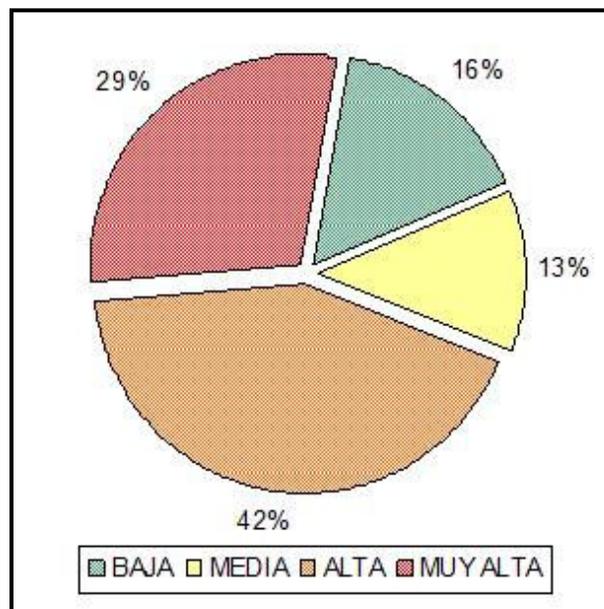
**Tabla 2-9. Clasificación de la fragilidad social por familia entrevistada**

Fragilidad social	Calificación
Baja	< 6
Media	6 – 8
Alta	9 – 11
Muy alta	> 11

El resultado final de la calificación de la fragilidad social a nivel de manzana y de familia para el Municipio de Turbo se aprecia en la Tabla 2-11. 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 127 manzanas ubicadas en el área de estudio tanto para los canales como para la costa de este municipio se obtuvo una distribución de la vulnerabilidad social predominantemente “Muy alta” y “Alta” como puede apreciarse en la Tabla 2-10. 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.

**Tabla 2-10. Distribución porcentual de las categorías de vulnerabilidad social en el área de estudio**



**Tabla 2-11. Vulnerabilidad social de las manzanas del área de estudio en Turbo**

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
05837199000000000010201	5	MEDIA		
05837199000000000010202	6	ALTA		
05837199000000000010203	6	ALTA		
05837199000000000010205	5	MEDIA		
05837199000000000010206	7	ALTA	14	ALTA
05837199000000000010207	5	MEDIA		
05837199000000000010209	5	MEDIA		
05837199000000000010210	6	ALTA		
05837199000000000010213	7	ALTA		
05837199000000000010215	6	ALTA		
05837199000000000010216			14	ALTA
05837199000000000010220	7	ALTA		
05837199000000000010221	3	BAJA		
05837199000000000010222	7	ALTA		
05837199000000000010223	2	BAJA		
05837199000000000010224	5	MEDIA		
05837199000000000010225	4	BAJA		
05837199000000000010227	6	ALTA		
05837199000000000010228	3	BAJA		
05837199000000000010229	4	BAJA		
05837199000000000010231	7	ALTA		
05837199000000000010301	6	ALTA	7	BAJA
05837199000000000010303	7	ALTA	10	MEDIA
05837199000000000010304	8	MUY ALTA		
05837199000000000010305	5	MEDIA		
05837199000000000010307	8	MUY ALTA		
05837199000000000010308	6	ALTA		
05837199000000000010311	4	BAJA		
05837199000000000020112	8	MUY ALTA		
05837199000000000020115	8	MUY ALTA		
05837199000000000020116	7	ALTA		
05837199000000000020118	10	MUY ALTA		
05837199000000000020119	5	MEDIA		
05837199000000000020125	8	MUY ALTA	9	MEDIA
05837199000000000020127	7	ALTA	12	ALTA
05837199000000000020129	8	MUY ALTA		
05837199000000000020130	2	BAJA		
05837199000000000020131	8	MUY ALTA		
05837199000000000020310	3	BAJA		
05837199000000000020311	7	ALTA	13	ALTA
05837199000000000020312	5	MEDIA	13	ALTA
05837199000000000020410	8	MUY ALTA		
05837199000000000020701	9	MUY ALTA	11	ALTA
05837199000000000020708	6	ALTA		
05837199000000000030101	5	MEDIA		
05837199000000000030102	7	ALTA		
05837199000000000030103	6	ALTA		
05837199000000000030104	9	MUY ALTA		
05837199000000000030105	5	MEDIA		
05837199000000000030106	6	ALTA		
05837199000000000030107	5	MEDIA	13	ALTA
05837199000000000030108	8	MUY ALTA		
05837199000000000030110	7	ALTA		
05837199000000000030111	7	ALTA		
05837199000000000030112	5	MEDIA		
05837199000000000030304	6	ALTA		
05837199000000000030313	7	ALTA	12	ALTA
05837199000000000030321	7	ALTA		
05837199000000000030401	6	ALTA		
05837199000000000030402	7	ALTA		
05837199000000000030403	9	MUY ALTA		
05837199000000000030406	9	MUY ALTA		
05837199000000000030422	9	MUY ALTA		

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
058371990000000000030423	10	MUY ALTA		
058371990000000000030424	9	MUY ALTA		
058371990000000000030425	7	ALTA		
058371990000000000030426	6	ALTA		
058371990000000000030428	8	MUY ALTA		
058371990000000000040102	8	MUY ALTA		
058371990000000000040103	6	ALTA		
058371990000000000040104	11	MUY ALTA		
058371990000000000040109	6	ALTA		
058371990000000000040110	7	ALTA		
058371990000000000040111	8	MUY ALTA		
058371990000000000040112	7	ALTA		
058371990000000000040116	7	ALTA	8	MEDIA
058371990000000000040117	9	MUY ALTA		
058371990000000000040118	7	ALTA	13	ALTA
058371990000000000040119	6	ALTA	12	ALTA
058371990000000000040120	9	MUY ALTA		
058371990000000000040121	Parque Gonzalo Mejia			
058371990000000000040122	7	ALTA		
058371990000000000040125	2	BAJA	12	ALTA
058371990000000000040130	9	MUY ALTA	7	BAJA
058371990000000000040131	7	ALTA	10	MEDIA
058371990000000000040132	8	MUY ALTA		
058371990000000000040137	7	ALTA	12	ALTA
058371990000000000040138	10	MUY ALTA	10	MEDIA
058371990000000000040140	8	MUY ALTA		
058371990000000000040141	8	MUY ALTA		
058371990000000000040201	6	ALTA		
058371990000000000040202	4	BAJA		
058371990000000000040203	3	BAJA		
058371990000000000040204	7	ALTA		
058371990000000000040205	5	MEDIA		
058371990000000000040206	4	BAJA		
058371990000000000040208	4	BAJA		
058371990000000000040209	4	BAJA		
058371990000000000040210	7	ALTA		
058371990000000000040211	5	MEDIA		
058371990000000000040212	10	MUY ALTA		
058371990000000000040213	9	MUY ALTA		
058371990000000000040214	7	ALTA		
058371990000000000040215	4	BAJA		
058371990000000000040216	6	ALTA		
058371990000000000040217	6	ALTA		
058371990000000000040301	4	BAJA		
058371990000000000040302	3	BAJA		
058371990000000000040303	4	BAJA		
058371990000000000040304	5	MEDIA		
058371990000000000040305	7	ALTA		
058371990000000000040306	4	BAJA		
058371990000000000040402	9	MUY ALTA		
058371990000000000040403	5	MEDIA		
058371990000000000040404	6	ALTA		
058371990000000000040405	6	ALTA		
058371990000000000040406	7	ALTA	13	ALTA
058371990000000000040407	9	MUY ALTA		
058371990000000000040408	6	ALTA	8	MEDIA
058371990000000000040409	10	MUY ALTA	12	ALTA
058371990000000000040410	10	MUY ALTA		
058371990000000000040411	7	ALTA	14	ALTA
058371990000000000040412	6	ALTA		
058371990000000000040413	6	ALTA		
058371990000000000040414	8	MUY ALTA		
058371990000000000040415	4	BAJA	7	BAJA
058371990000000000040523	8	MUY ALTA	11	ALTA
058371990000000000040534	8	MUY ALTA		
058371990000000000040536	6	ALTA		

#### 2.5.4 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>11</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. 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 realizaron entrevistas con las diferentes instituciones locales que se encuentran directamente relacionadas con la gestión del riesgo, con el fin de establecer el grado de preparación con que cuenta el municipio para hacer frente a una situación de desastre. Se llevaron a cabo entrevistas con el Secretario de Planeación y el Comandante del Cuerpo de Bomberos. En el municipio no opera ni la Cruz Roja, ni la Defensa Civil.

---

11 LAVELL, 2003

En el Municipio de Turbo se encuentra constituido y en funcionamiento el Comité Local de Prevención y Atención de Desastres – CLOPAD, cuyas reuniones se llevan a cabo mensualmente, además se cuenta con un Plan Local de Emergencias y Contingencias, anualmente se presupuesta un rubro para atención de desastres. Sin embargo, no se han definido estrategias de mitigación de riesgos, ni se cuenta con un sistema de alarmas.

Se encuentran identificadas las áreas en las que se presentan inundaciones y los periodos en los cuales ocurren este tipo de emergencias, además se han realizado obras de ingeniería con el fin de disminuir el efecto de la erosión costera y estudios en la materia.

El cuerpo de bomberos es la entidad encargada de realizar los registros fotográficos de los eventos atendidos, dichos registros son enviados a la alcaldía pero, 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.....	3-1
6.1	INTRODUCCIÓN.....	3-1
6.2	DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO .....	3-1
6.2.1	Riesgo físico por inundación .....	3-1
6.2.2	Riesgo corporal por Inundación.....	3-2
6.3	MITIGABILIDAD DE RIESGO .....	3-3

### 3 VALORACIÓN DEL RIESGO

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

Una vez definida la amenaza por inundación 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.

#### 3.2 DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO

La categorización de los niveles de riesgo por inundación se presenta en los planos H-1 para el canal Puerto Tranca y H-2 para el canal Veranillo en el Anexo H y se definieron con la aplicación de las matrices presentadas en esta sección.

##### 3.2.1 Riesgo físico por inundación

**Tabla 3-1. 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. En zona de riesgo alto por inundación se encuentran manzanas de los barrios Julia Orozco, Jesús Mora, Buenos Aires, Baltazar, Centro, Veranillo y Zona Industrial según se muestra en el Anexo H en los planos H-1 y 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. En zona de riesgo físico medio por inundación se encuentran manzanas de los barrios Julia Orozco, Jesús Mora, Buenos Aires, Manuela Beltrán, Centro, San Martín, Juan XXIII, Zona Industrial y Monterrey, según se muestra en el Anexo H en los planos H-1 y 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. En zonas de riesgo físico bajo por

inundación se encontraron manzanas de los Barrios Manizales, Julia Orozco, Jesús Mora, Manuela Beltrán, Buenos Aires, Centro, Gaitán, Obrero, San Martín, Las Delicias, Juan XXIII, Baltazar, Veranillo y Monterrey, según se muestra en el Anexo H en los planos H-1 y H-2.

### 3.2.2 Riesgo corporal por Inundación

**Tabla 3-2. Matriz de Riesgo corporal por Inundación.**

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

Para la estimación del riesgo corporal por las inundaciones, afectación a personas, la matriz se 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. En el Anexo H en los planos H-1 y H-2 se aprecia que no se encontraron zonas con riesgo corporal alto por inundación de acuerdo con los resultados de los análisis realizados.

*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. En el Anexo H en los planos H-1 y H-2 se aprecia que no se encontraron zonas con riesgo corporal medio por inundación de acuerdo con los resultados de los análisis realizados.

*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. En el Anexo H en los planos H-1 y H-2 se aprecia que todas las manzanas dentro de la zona de estudio se encuentran en zona de riego corporal bajo por inundación de acuerdo con los resultados de los análisis realizados.

Como se puede observar en los planos de riesgo corporal por inundación presentados, en general las manzanas involucradas en la zona de estudio se encuentran en un rango bajo.

Respecto al riesgo físico en los sectores aledaños al Canal Puerto Tranca, las manzanas consideradas en la zona de estudio se encuentran en un rango bajo a alto. Dentro de zonas de riesgo bajo se encuentran 11 manzanas del Barrio Manizales, 14 del Barrio Julia Orozco, 3 del Barrio Jesús Mora, 1 del Barrio Manuela Beltrán, 6 del Barrio Buenos Aires

y 2 del Barrio Gaitán. En zonas de riesgo físico medio se encuentran 4 manzanas del Barrio Julia Orozco, 1 del Barrio Jesús Mora, 13 del Barrio Buenos Aires, 1 del Barrio Gaitán y 4 del Barrio El Centro. En zonas de riesgo físico alto por inundación se encuentran 2 manzanas del Barrio Julia Orozco, 1 manzana del Barrio Jesús Mora y 4 del Barrio Buenos Aires.

En el caso del riesgo físico en los sectores aledaños al Canal Veranillo, las manzanas en la zona de estudio también están en un rango bajo a alto. Dentro de zonas de riesgo bajo se encuentran 8 manzanas del Barrio Monterrey, 5 manzanas del Barrio Veranillo, 6 manzanas del Barrio Baltazar, 6 manzanas del Barrio Juan XXIII, 6 manzanas del Barrio Las Delicias, 3 manzanas del Barrio Obrero, 3 manzanas del Barrio San Martín y 4 manzanas del Barrio El Centro. En zonas de riesgo físico medio se encuentran 2 manzanas del Barrio Monterrey, 1 del Barrio Ciudadela Industrial, 1 del Barrio Juan XXIII, 1 del Barrio Veranillo, 1 del Barrio San Martín, 1 del Barrio Obrero y 3 del Barrio El Centro. En zonas de riesgo físico alto por inundación se encuentran 2 manzanas del Barrio Ciudadela Industrial, 3 del Barrio Veranillo y 1 del Barrio Baltazar.

### 3.3 MITIGABILIDAD DE RIESGO

Dadas las características de las inundaciones que afectan al casco urbano del Municipio de Turbo a causa de desbordamientos de los Canales Veranillo y Puerto Tranca:

- Sus bajas velocidades en la planicie de inundación
- Bajas alturas de lamina de agua
- Tiempo de la inundación es muy bajo
- Bajas velocidades de flujo en la zona urbana

Se puede afirma que el nivel de riesgo actual que afecta a la comunidad es mitigable. Sin embargo se debe tener en cuenta que no solo se trata de un problema de desbordamiento de los canales sino que también se están produciendo vertimientos de aguas servidas, acumulaciones de basuras e invasión de los cauces y zonas de protección de los mismos.

Por tanto, las consecuencias de las inundaciones se pueden mitigar o atenuar dando a estos canales una sección con capacidad hidráulica suficiente para evitar su desbordamiento. Se debe indicar que esta medida por sí sola no solucionaría el problema puesto que también resulta necesario que se lleve a cabo la conformación de zonas que aislen los asentamientos humanos de los cauces de los canales, además de evitar que se produzcan vertimientos de aguas servidas y la disposición de basuras en los mismos. Se debe aprovechar la oportunidad que brinda la gestión del riesgo, para establecer y normatizar la zona de ronda y de manejo y protección ambiental de las márgenes de los canales, de manera congruente con los resultados del presente estudio e implementar las obras propuestas para el control y mitigación del riesgo por inundación.

## CONTENIDO

7	PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO .....	4-1
7.1	INTRODUCCIÓN.....	4-1
7.2	ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES .....	4-1
7.3	PLAN GENERAL DE ACCIÓN .....	4-2
7.3.1	Plan de mejoramiento integral.....	4-2
7.3.2	Medidas de Mitigación - No Estructurales .....	4-3
7.3.3	Medidas de Mitigación – Estructurales .....	4-5
7.4	NIVEL DE RESPONSABILIDAD .....	4-7

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

### **4.1 INTRODUCCIÓN**

A partir de los resultados obtenidos de la evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por inundación en la zona urbana del municipio de Turbo, 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. 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.

### **4.2 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. Se aprecia que existe un gran número de unidades de vivienda que se han construido dentro de la zona inundable de los canales Veranillo y Puerto Tranca e incluso dentro del cauce activo de los mismos.

En la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo por inundación se aprecia que la principal fuente de amenaza para la zona urbana del municipio en los sectores aledaños a los canales Veranillo y Puerto Tranca corresponde a la de desbordes por creciente; la ocurrencia de desbordes obedece a que estos canales no poseen una sección hidráulica suficiente, que se encuentra obstruida además por vegetación y basuras, y a que las pendientes del terreno en la zona son muy bajas. No se observa la presencia de fenómenos de socavación lateral o inestabilidad de las márgenes.

Teniendo en cuenta que la amenaza considerada en este estudio para la zona urbana del municipio es la de inundación por creciente de los canales Veranillo y Puerto Tranca, las actividades de mitigación y control deben estar dirigidas a reducir la amenaza, la vulnerabilidad y los efectos sociales derivados de éstas. Las zonas amenazadas por inundación corresponden básicamente a los sectores aledaños a los canales Veranillo y Puerto Tranca que se encuentran dentro del cauce activo de éstos, mientras que el riesgo asociado a los eventos amenazantes se presenta por la alta exposición de las viviendas construidas sin contar con zonas de aislamiento que las provea de una franja de seguridad.

### **4.3 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.

Cada una de las medidas se debe convertir en planes y proyectos detallados, los cuales en su conjunto se consideran esenciales para un manejo integral y sistemático de la problemática de riesgo actual del sector estudiado.

En el plan general de acciones se establece como escenario básico la restricción de uso por inundación de los predios situados en zonas inundables y su redefinición de uso como área de protección del sistema ecológico del municipio, además del planteamiento del mejoramiento del entorno urbano y ambiental del área en estudio. En esto resulta de suma importancia la definición de las zonas de ronda hidráulica para los canales Veranillo y Puerto Tranca, y de las zonas de manejo y protección ambiental para los mismos. Teniendo en cuenta que los cauces de los canales y sectores inundables de éstos fueron densamente urbanizados, se deben implementar obras de protección para mitigar los efectos de las crecientes durante las temporadas lluviosas. También se debe evitar que se sigan produciendo vertimientos de aguas servidas y disposición de basuras en los cauces de los canales Veranillo y Puerto Tranca por parte de los habitantes de las viviendas localizadas en las zonas aledañas.

Se plantean entonces 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.

#### **4.3.1 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 ilegal, por medio de acciones masivas, integrales y plenamente coordinadas.

El plan de mejoramiento integral comprende la ejecución de los siguientes tipos de obras:

- *Obras de mitigación y control del riesgo:* corresponde a las medidas planteadas en el presente informe para el manejo de las amenazas por inundación. Se consideran obras que se deben ejecutar a corto plazo.
- *Obras urbanísticas:* Las obras contempladas dentro de esta categoría en este caso corresponden a la construcción de andenes y parques.
- *Obras de consolidación urbana:* En este grupo se encuentra la construcción y adecuación de vías, la construcción de obras para el manejo de aguas de escorrentía y la construcción del sistema de alcantarillado sanitario.

#### 4.3.2 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 zonas inundables, en los sectores en donde se debe adelantar programas de reubicación de familias porque se localizan en zonas de alta amenaza y/o en áreas de restricción ambiental. Dada la coexistencia de los canales Veranillo y Puerto Tranca y su ronda en el área de un buen número de manzanas de la zona urbana, y la restricción de uso para vivienda por estar en zonas de alto riesgo por inundación, se debe redefinir su uso como zonas de ronda y de manejo y protección ambiental, de uso común para actividades recreativas para el beneficio de toda la comunidad. De esta manera las zonas inundables se definirían como zonas con restricción de uso para vivienda por su importancia ambiental dentro del entorno al tratarse de zonas de ronda y de manejo y protección ambiental, cuyo uso recomendado sería el de zonas verdes y de recreación en lo que se constituiría en un parque lineal.

En los planos I-4 e I-5 del Anexo I en el que se presentan las acciones de gestión del riesgo para los canales Veranillo y Puerto Tranca, en donde se muestran sectores a lo largo de ambos márgenes de estos canales a su paso por la zona urbana en donde se recomienda la regulación del uso del suelo, lo cual como se ha comentado implica la ejecución conjunta de otras acciones como se verá en adelante.

**Reubicación de Viviendas:** Comprende la reubicación de las familias que habitan las viviendas situadas en zonas inundables y en sectores próximos a los canales afectados por la construcción de las obras propuestas. La reubicación de familias se hace tanto para evitar afectaciones debidas a posibles fenómenos de inundación o inestabilidad de márgenes como para consolidar la zona de protección del río (ronda) y el manejo urbano de la zona.

En la Tabla 4-1 se presenta el listado de predios y viviendas afectados por la construcción de las obras de canalización propuestas en este estudio, los cuales deberán ser sometidos a cambio de uso total o parcial; los predios se denominan de acuerdo con la codificación e información presentada en el mapa catastral del municipio; el listado presentado no incluye los predios y viviendas para cambio de uso y reubicación por situarse dentro de zonas de ronda hidráulica de los canales y en zonas de manejo y protección ambiental.

Tabla 4-1. Listado de predios y viviendas afectados

Canal Veranillo						Canal Puerto Tranca					
Barrio	Manzana	Predio	Barrio	Manzana	Predio	Barrio	Manzana	Predio	Barrio	Manzana	Predio
3	14	1	10	1	3	11	16	15	13	28	13
3	14	2	10	1	4	11	16	16	13	27	6
3	14	3	10	1	5	11	16	17	13	27	7
3	14	4	10	1	6	11	16	18	13	26	2
3	14	5	10	1	7	11	16	19	13	26	4
3	14	6	10	1	8	11	16	20	13	26	5
3	14	7	10	1	9	11	16	21	13	26	6
3	14	8	10	1	10	11	16	22	13	26	7
3	14	9	10	1	11	11	16	50	13	24	2
3	14	19	10	1	14	11	16	51	13	24	5
3	14	20	10	1	15	11	16	53	13	20	2
3	14	21	11	1	1	11	16	54	13	20	13
3	14	22	11	1	2	11	16	55	13	19	1
4	13	11	11	1	3	11	16	56	13	19	2
8	3	3	11	1	4	11	16	57	13	19	3
8	3	4	11	2	1	11	16	58	13	19	4
8	3	5	11	4	1	11	16	90	13	19	5
8	3	6	11	4	11	11	15	11	13	32	10
8	3	8	11	4	12	11	15	12	13	32	43
8	3	9	11	5	2	11	15	17	13	34	1
8	3	10	11	5	3	11	15	18	13	34	2
8	3	11	11	5	4	11	14	4	13	34	3
8	3	15	11	5	5	11	14	5	13	34	4
8	3	16	11	5	6	11	14	8	13	42	1
8	4	1	11	6	1	11	14	32	13	42	2
9	3	1	11	6	2	12	1	10	13	42	3
9	3	2	11	6	3	12	1	11	13	42	4
9	3	3	11	6	4	12	1	12	13	42	6
9	4	8	11	6	5	12	1	13	13	42	7
9	4	9				12	1	14	13	10	9
9	5	1				13	31	2	13	10	10
9	5	2				13	31	3	13	10	32
9	5	3				13	31	17	13	10	33
9	5	4				13	31	18	13	10	34
9	5	5				13	30	2	13	10	35
9	5	6				13	30	3	13	10	36
9	6	1				13	30	13	13	5	1
9	6	2				13	30	14	13	5	22
9	6	3				13	30	15	13	5	23
9	6	4				13	29	5	13	7	11
9	6	5				13	29	6	13	6	16
9	6	6				13	29	7	13	43	2
9	6	7				13	29	19	13	43	8
9	6	8				13	29	20	13	2	11
10	1	1				13	28	4	13	2	42
10	1	2				13	28	12	13	2	43

NOTA: Se presenta el listado de manzanas de acuerdo con la codificación que aparece en el plano catastral del municipio

**Recuperación Urbanística y Adecuación Paisajística del Área:** Esta actividad consiste en el desarrollo del plan de obras de prevención y control de los riesgos por inundación, tendientes a consolidar el sector con los servicios mínimos requeridos y el establecimiento normas que permitan un ordenamiento urbanístico de forma tal que se minimicen los agentes físicos de riesgo y buscando la preservación del entorno.

El planteamiento urbanístico de este sector del municipio requiere un diseño, donde además del ajuste del urbanismo existente, se involucre las zonas de restricción por riesgo por inundación y áreas de protección del sistema ecológico del municipio así como contemplar dentro del mismo el adecuado manejo de basuras, y de las aguas servidas y de escorrentía. Se propone que se lleve a cabo el mejoramiento de las vías del sector, que se implemente el alcantarillado sanitario y adicionalmente se recomienda la recuperación de la cobertura vegetal y control de los procesos erosivos presentes en las márgenes de los canales Veranillo y Puerto Tranca.

***Delimitación de la Ronda y Zona de Protección y Manejo Ambiental de los Canales Veranillo y Puerto Tranca:*** Es indispensable que conjuntamente con la conformación de la zona de manejo y protección ambiental, se delimite geográficamente la ronda hidráulica de los canales Veranillo y Puerto Tranca en ambas márgenes en cumplimiento de las normas de protección y preservación de cauces establecidas en la normatividad y en el POT de Turbo, 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 hidráulica y protección ambiental incluiría todo el perímetro inundable al hacer el análisis con Tr 50 años más una franja de treinta metros; con esto buena parte de las viviendas situadas en la zona de estudio quedarían dentro de la zona de ronda así demarcada.

***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 como en las densamente pobladas de los sectores próximos a los canales Veranillo y Puerto Tranca.
2. Identificación de agentes contribuyentes a los fenómenos de inundación 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.

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.

### **4.3.3 Medidas de Mitigación – Estructurales**

Este tipo de medidas pretende mejorar las condiciones de seguridad en los sectores más vulnerables ante eventos de inundaciones por la ocurrencia de crecientes de los canales Veranillo y Puerto Tranca, disminuyendo en forma directa el riesgo y modificando las características de los eventos amenazantes o las características de los elementos

expuestos; en este el mejoramiento de las condiciones de seguridad se busca lograr controlando las afectaciones a la zona urbana por el desborde por creciente de los canales estudiados.

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 Canalización:** Estas obras están encaminadas a la protección contra los ascensos del nivel de agua durante las crecientes que hoy afectan la comunidad, dentro de un concepto de tratamiento integral. Consisten en el diseño y construcción de canales en concreto reforzado en el paso por la zona urbana de los caños Veranillo y Puerto Tranca. El trazado en planta del eje de los canales propuestos coincide con el de los existentes, pero su perfil longitudinal se rectificará para darle una sección suficiente y pendiente adecuada para mejorar su capacidad y lograr transportar el caudal correspondiente a un periodo de retorno de 50 años hallado en los análisis hidráulicos.

Además de la canalización en concreto se debe realizar la limpieza y mejoramiento o si se requiere la reconstrucción de las obras de drenaje en las intersecciones con las vías urbanas del municipio para darles una capacidad adecuada. Se plantea que la zona comprendida entre cada canal y las zonas urbanas, la cual no será destinada a la construcción de viviendas sino que se destinará como zona de protección ambiental, se propone conformar un parque lineal.

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.

**Consolidación Urbana:** Son las obras necesarias para el afianzamiento de las zonas determinadas como aptas urbanísticamente para el uso de vivienda una vez se construyan las obras de mitigación y control propuestas (canales en concreto), y por medio de las cuales se establecen los límites de cobertura técnica, que permiten dar garantía permanente a los servicios y satisfacen las necesidades básicas de la comunidad, evitando la generación de actividades ilícitas para su satisfacción, especialmente en lo que se refiere a la ocupación de los cauces y el manejo de las aguas servidas y basuras.

A continuación se relacionan entre otras las obras y medidas que cumplen los objetivos expuestos:

- Mejoramiento de las vías de acceso con drenajes adecuados en la zona de protección ambiental en la que se planea conformar el parque lineal, cuya implementación mejorará la conducción de las aguas superficiales y de infiltración.
- Construcción de la red de alcantarillado de aguas servidas con lo cual se pretende eliminar las descargas inadecuadas a los canales Veranillo y Puerto Tranca, mejorando las condiciones ambientales locales.

- Mejoramiento de las obras de drenaje en las intersecciones con las vías urbanas del municipio para darles una capacidad adecuada, además de la programación de actividades de mantenimiento y limpieza de los canales.

En este punto es importante que cada entidad encargada de la ejecución dicte la normatividad mínima para el uso y manejo adecuado de las redes y las condiciones mínimas que deben tener y cumplir las diferentes redes internas de las viviendas, aguas negras, lluvias, etc., de tal forma que su uso y disposición final a las redes externas, permita que cada sistema sea consistente con su objeto y no se vaya a perder su eficiencia por estos efectos. Además es necesario que se reglamente y se controle la disposición de basuras por parte de los habitantes de los sectores aledaños a los canales, ya que este es un problema que se presenta en la actualidad y que repercute en la generación de obstrucciones que dificultan su buen funcionamiento, además de generar problemas de salubridad.

La construcción de la malla vial debe realizarse en función del planeamiento urbanístico definido para el sector, respetando las tipologías de vías y dando manejo técnico a las áreas de andenes. El proyecto de recuperación de las zonas de ronda hidráulica y manejo ambiental de los canales para establecer zonas de uso recreativo como puede ser un parque lineal, debe obedecer a un estudio urbanístico y diseños paisajísticos particulares.

#### **4.4 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 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 4-2.

En la Tabla 4-2 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 4-2. Matriz de responsabilidades**

Plan general de acciones	Tipo de acción	RESPONSABLES						
		Alcaldía municipal – Secretarías				Corpourabá	Dapard	Empres Acuedu Alcant
		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
<b>1- Regulación del Uso del Suelo</b>	P, Rec, R	1	1	1		1	2	1
<b>2- Reubicación de Viviendas y Asignación de Predios</b>	P, E, Ad	1	1	1			1	
<b>3- Recuperación Urbanística y Adecuación Paisajística del Área.</b>	P, D, C, R	1	1	1	1	2	3	
<b>4- Delimitación de la Ronda y Zona de Protección y Manejo Ambiental de los canales Veranillo y Puerto Tranca</b>	P, D, E		1	2		1	2	2
<b>5- Información Pública</b>	TS, R			1		2	2	
<b>OBRAS DE MITIGACION – ESTRUCTURALES</b>								
<b>1- Diseño y construcción de obras de mitigación y control</b>								
Diseño y construcción de una canalización en concreto para los caños Veranillo y Puerto Tranca	P, D, C		1			1	1	
<b>2- Consolidación Urbana</b>								
Mejoramiento de vías de Acceso y drenajes viales	D, C		1			1		
Construcción Red de Alcantarillado de aguas servidas	D, C					1		1
Mejoramiento de obras de drenaje en las intersecciones con las vías urbanas	D, C					1		1

(\*) El Plan de Mejoramiento Integral es una Actividad de Mitigación tanto No Estructural como Estructural, que cubre totalmente las demás acciones.

**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 - Mantener

## CONTENIDO

8	ARTICULACION DE LOS MAPAS DE AMENAZA Y RIESGO CON LOS POT DEL MUNICIPIO.....	5-1
8.1	INTRODUCCIÓN.....	5-1
8.2	DIAGNÓSTICO DEL POT FRENTE A LA GESTIÓN DE RIESGOS .....	5-1
8.2.1	Evaluación de amenazas naturales.....	5-1
8.2.1.1	Amenazas Geológicas .....	5-1
8.2.1.2	Amenazas de origen geomorfológico .....	5-2
8.2.1.3	Amenazas hidrometeorológicas .....	5-3
8.2.2	Zonificación del suelo urbano.....	5-4
8.2.3	Manejo y disposición de aguas residuales .....	5-4
8.2.4	Manejo y disposición de desechos sólidos .....	5-5
8.2.5	Acciones estratégicas que se deben implementar a nivel urbano .....	5-5
8.2.6	Políticas Territoriales.....	5-6
8.2.6.1	Política ambiental.....	5-6
8.2.6.2	Política Areas Naturales Protegidas.....	5-6
8.2.6.3	Política Para El Manejo Integral Del Agua.....	5-6
8.2.6.4	Política de agua potable y saneamiento ambiental.....	5-6
8.2.6.5	Política de asentamientos humanos.....	5-7
8.2.6.6	Política para la prevención y atención de desastres.....	5-7
8.3	REQUERIMIENTOS DE LA LEY 388/97 EN MATERIA DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGOS DE ORIGEN NATURAL .....	5-7
8.4	PLAN DE ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA Y RIESGO CON EL POT .....	5-8
8.5	MAPAS PROPUESTOS EN EL PRESENTE ESTUDIO .....	5-11

## 5 ARTICULACION DE LOS MAPAS DE AMENAZA Y RIESGO CON LOS POT DEL MUNICIPIO

### 5.1 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.

### 5.2 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 Turbo. 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.

#### 5.2.1 Evaluación de amenazas naturales

##### 5.2.1.1 Amenazas Geológicas

Para el caso del Urabá las amenazas de origen geológico son la amenaza sísmica y la amenaza por vulcanismo de lodo, sólo presente dentro del municipio de Turbo.

**Amenaza Sísmica:** El Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia, publicado en 1996 por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, ha enmarcado a todos los Municipios del eje central dentro de una zona de amenaza sísmica alta.

**Tabla 5-1. Recopilación de sismos ocurridos en el NW de Antioquia y Norte de Chocó**

Municipio	Coordenadas epicentro	Fecha/(Magnitud si se conoce)
Turbo	N 8,5° W 76.2°	Sep.7/1882
Urrao	N 6,4° W 76,4°	Dic. 1/1903
Mutatá (Pavarandocito)	N 7,5° W 76,4°	Feb. 14/1952 M=6.2.
Dabeiba	N 7,0° W 76,0°	Dic. 12/1957
Frontino	N 6,7° W 76,5°	Feb. 26/1959
Dabeiba	N 7,0° W 76,5°	Enero 1/1960
Chigorodó	N 7,7° W 76,7°	Marzo 29/1966
Urrao	N 6,5° W 76,4°	Abril 8/1970
Urrao	N 6,2° W 76.1°	Agosto 2/1970
Murindó		Octubre 17,18/1992 M=6.7 y 7.3

Modificado de Ramírez (1975)

En el POT se indica que independiente de que exista o no la posibilidad de licuación en los suelos, todas las construcciones del municipio deben cumplir las normas sismo-resistentes para la construcción en zonas de alta amenaza sísmica - NSR-98 - ya que de lo contrario pueden ocurrir daños estructurales (agrietamientos, caída de muros y fachadas, colapsamientos de viviendas) y la posibilidad de pérdidas de vidas humanas.

**Amenaza por Vulcanismo de Lodo:** De acuerdo con el POT, dentro de los Municipios del eje central bananero el fenómeno del vulcanismo de lodo, sólo se conoce en Turbo, en los corregimientos de Alto Mulatos y Cacahual, dentro de la Macrounidad de Vertiente. Sin embargo debido a la dinámica terrestre y a la condición de los sustratos de roca de la zona la cual incluye shales de alta presión, es posible que se desarrollen en otros sectores del Municipio. Los antecedentes hacen necesario que se establezca un retiro para viviendas e infraestructura de por lo menos 500 m en los alrededores de los volcanes de lodo.

#### 5.2.1.2 Amenazas de origen geomorfológico

Se consideran amenazas de origen geomorfológico a la probabilidad de ocurrencia de fenómenos de movimientos en masa (deslizamientos) y erosión.

**Amenaza por movimientos en masa:** Este tipo de amenaza se presenta en las macrounidades de Vertiente y Piedemonte como consecuencia de la pérdida de cobertura vegetal y pastoreo sumado a unas condiciones naturales de altas precipitaciones y altas pendientes locales, en un sustrato rocoso sedimentario estratificado. Este tipo de amenazas puede atenuarse incrementando la cobertura vegetal dentro de las cuencas. Dentro del Municipio en los corregimientos Nueva Antioquia (vereda la Ahuyamita) y Alto Mulatos existen movimientos en masa reconocidos.

**Amenaza por erosión en la línea de costa:** En el municipio de Turbo existe un proceso generalizado de erosión en su costa oriental, entre el sur de la desembocadura del río Caimán Nuevo y la desembocadura del río León, con excepción de los sectores adyacentes a las desembocaduras de los ríos, donde se observa un crecimiento acelerado de sus espigas, generado por el incremento en las tasas de sedimentos transportadas por los ríos.

### 5.2.1.3 Amenazas hidrometeorológicas

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

En el casco urbano municipal la presencia de inundaciones se debe más a las aguas lluvias y mareas que al desbordamiento de ríos, con excepción de los caños Veranillo y Puerto Tranca. No obstante algunas de las veredas y corregimientos del Municipio se ven afectadas por inundaciones o avenidas torrenciales, es el caso de las poblaciones de Currulao, Riógrande, Puerto Rico, La Arenosa, Nueva Colonia, Blanquicet, Macondó, Nuevo Oriente. Debido a que este tipo de problemática es regional y sobrepasa los límites municipales, requiere de manejos integrales en los que la comunidad tenga participación activa en programas de recuperación de las cuencas (reciclaje, reforestación), obviamente con el apoyo de las administraciones locales. En la siguiente tabla se presenta una recopilación de los fenómenos naturales que han afectado al Municipio de Turbo entre 1920 y 1990, la cual se ha basado en información recopilada del periódico El Colombiano.

**Tabla 5-2. Fenómenos naturales que han afectado al Municipio**

Evento	Sector afectado	Fecha Mes/día/año	Vidas perdidas	Damnificados
Sismo		9/7/1882		
Inundación		4/22/31	0	0
Inundación		5/5/31	0	0
Huracán		12/11/56	0	0
Huracán		8/5/68	0	0
Inundación		1/13/70	0	0
Avenida torrencial	Currulao	7/16/71	1	100
Deslizamiento		11/11/71	0	0
Marea	Punta las Vacas	1/14/73	0	500
Marea	Punta las Vacas	5/21/73	0	0
Marea	Punta las Vacas	12/27/73	0	0
Tempestad		7/9/74	0	0
Marea		1/28/77	0	0
Marea		1/16/81	0	25
Avenida Torrencial	La Arenosa y Puerto Corea	8/5/84	1	190
Deslizamiento	Vía Turbo-Necoquí	9/26/84	0	0
Deslizamiento	Vía El Tres-San Pedro de Urabá	10/31/84	0	0
Inundación		11/18/84	0	0
Marea	Cabecera mpal	3/5/86	0	Varios
Inundación	Vereda Tulapa			

Modificado de INGEOMINAS, 1993

## 5.2.2 Zonificación del suelo urbano

**Zonas con amenaza por inundación:** La amenaza por inundación dentro del casco urbano de Turbo obedece a diversas condiciones. Entre estas están el empozamiento por aguas lluvias y altos niveles freáticos, ausencia de un sistema de alcantarillado óptimo, subida de mareas y el desbordamiento de caños producidos en parte por el reflujos de la marea. En la mayoría de los casos la causa de las inundaciones no es por uno solo de estos factores sino la suma de ellos. De sur a norte algunos de los barrios con amenaza por inundación de acuerdo con lo indicado en el POT son los siguientes:

*-Barrios Obrero, Gaitán, Lleras (Tablitas), Los Pescadores-Las Malvinas, Manuela Beltrán:* Estos barrios se localizan en cercanías de la línea de costa de la bahía de Turbo, por lo que se ven afectados por la subida de mareas y se constituyen en zonas de pantanos cuando esta baja. No son áreas adecuadas para el asentamiento de viviendas debido a las malas condiciones de salubridad e imposibilidad de ofrecimiento de servicios de agua, luz y recolección de basuras sumado a que es una zona muy vulnerable a las inundaciones con mareas altas o mar de leva.

*-Barrios El Bosque, San Martín, Jesús Mora, Buenos Aires:* Las inundaciones en estos barrios obedecen al empozamiento de aguas lluvias por la ausencia de un buen sistema de alcantarillado y drenaje. Adicionalmente las casas que se encuentran sobre los márgenes de los caños Puerto Tranca y Veranillo se ven afectadas por desbordes y problemas de salubridad.

## 5.2.3 Manejo y disposición de aguas residuales

En el municipio sólo el sector del centro cuenta con un sistema apropiado para recolectar, evacuar y tratar las aguas residuales que generan sus habitantes, el cual ha sido construido recientemente (1977); también existen para algunos barrios soluciones de recolección de aguas servidas algunos construidos sin bases técnicas y otros obedeciendo a diseños técnicos. Estos sistemas representan aproximadamente el 40% de la zona urbana; el resto de la población urbana (60%), evacua sus aguas servidas mediante tuberías de concreto instaladas superficialmente, a canales rudimentarios los cuales por gravedad drenan hacia uno de los cinco caños que cruzan el municipio.

El casco urbano se encuentra asentado en una zona relativamente plana, donde las aguas de escorrentía circulan libremente por las vías, al igual que las aguas residuales y van a dar a los caños que cruzan el casco urbano, los cuales se represan y desbordan por el remanso producido por la marea alta, creando condiciones favorables para la aparición y reproducción de agentes patógenos, generando situaciones sanitarias dañinas para la salud.

**Caño Puerto Tranca.** Corre en la parte norte del casco urbano en dirección oriente-occidente y en la intersección de las vías que conducen al corregimiento del Uno y al aeropuerto, gira hacia el sur y desemboca en el caño Waffe. El caño es muy profundo, de poca pendiente, presenta abundante vegetación y sedimentos, se encuentra muy contaminado por desechos sólidos y los desechos líquidos de las viviendas asentadas en gran parte del Barrio Jesús Mora. En época de invierno este caño se desborda.

**Caño Veranillo.** Corre por la parte oriental en sentido norte - sur, recibiendo en su trayecto las descargas de aguas residuales de las urbanizaciones Monterrey, Monterrey II, el Barrio Gonzalo Mejía y descarga en el antiguo cauce del río Turbo. ste caño posee poca pendiente, es profundo, contiene gran cantidad de sedimentos y escombros que hacen que se represe en casi todo el recorrido. Se observa muy degradado.

**Caño Waffe.** Construido inicialmente como terminal de transporte fluvial, es el receptor de cinco caños que pasan por la zona urbana y descarga al Golfo de Urabá. Presenta condiciones muy degradadas ya que recibe la mayor parte de las aguas residuales domesticas que se generan en el área urbana, además de las basuras y de los derrames de combustible de las embarcaciones que allí operan.

#### **5.2.4 Manejo y disposición de desechos sólidos**

El municipio de Turbo cuenta con servicio de barrido y recolección de desechos sólidos, administrado por el municipio, tiene una cobertura del 50% y una frecuencia de dos veces por semana. Esta baja cobertura obliga a los habitantes a disponer inadecuadamente los desechos producidos en sus viviendas.

Los habitantes del área urbana del municipio generan aproximadamente 7964.5 T/año<sup>12</sup> de residuos sólidos, de los cuales solo el 50% es recolectado por los carros que prestan el servicio; el resto es depositado en algunas calles, en solares, y en las orillas de los caños que atraviesan el área urbana produciendo represamiento y desbordamiento de las aguas residuales que contienen estos caños.

Esta situación genera grandes conflictos ambientales, por el deterioro del paisaje, por la producción de olores al descomponerse la basura, y por la proliferación de focos de infección en toda el área urbana, poniendo en permanente riesgo la salud de todos los habitantes.

#### **5.2.5 Acciones estratégicas que se deben implementar a nivel urbano**

De acuerdo con lo presentado en el POT son las siguientes:

1. Redefinición del Perímetro Urbano
2. Redefinición de las Áreas de Expansión
3. Regulación de usos del suelo
4. Implementar programas de legalización de predios y de viviendas
5. Reubicación de Vivienda de acuerdo a la zonificación realizada
6. Programas de mejoramiento barrial
7. Definición del espacio público de acuerdo a los centros de significación detectados
8. Mejoramiento y provisión de los servicios públicos domiciliarios
9. Obras para la adecuación de suelos para el asentamiento de la población
10. Definición de líneas de paramento
11. Jerarquización de vías

<sup>12</sup> Para una población de 43641 habitantes urbanos, según las proyecciones de Planeación Departamental y una producción percapita de 05. kg/hd.

12. Dimensionar andenes de acuerdo a flujos peatonales y actividades predominantes.
13. Carga y descarga de mercancías y pasajeros en las vías terciarias.
14. Sistema de señalización para tráfico vehicular incluyendo semaforización.

## **5.2.6 Políticas Territoriales**

### *5.2.6.1 Política ambiental*

La política se desarrollará, entre otras, bajo las siguientes acciones:

- Establecimiento de cobertura boscosa en las áreas de retiro de los ríos, quebradas, lagos y arroyos
- Recuperación de cuencas aportantes.
- Regulación de canales.
- Corregir, prevenir, mitigar y compensar impactos ambientales ocasionados por prácticas inadecuadas de acuerdo con las acciones planteadas por la política de producción limpia
- Control de vertimientos y elementos contaminantes de acuerdo con lo planteado en la política de servicios públicos y saneamiento ambiental

### *5.2.6.2 Política Areas Naturales Protegidas*

La política se desarrollará, entre otras, bajo las siguientes acciones:

- Recuperación de cuencas aportantes.
- Establecimiento de cobertura boscosa en áreas de retiro de los ríos.

### *5.2.6.3 Política Para El Manejo Integral Del Agua*

La política se desarrollará, entre otras, bajo las siguientes acciones:

- Adecuación de la construcción de redes de drenaje y canales artificiales a nivel regional.
- Ordenar las actividades y los usos del suelo en las cuencas.
- Proteger y recuperar las zonas de nacimiento de agua
- Proteger y recuperar las microcuencas que surten los acueductos municipales.
- Establecimiento de cobertura boscosa en las áreas de retiro de los ríos, quebradas, lagos y arroyos.
- Control de vertimientos y elementos contaminantes de acuerdo con lo planteado en la política de servicios públicos y saneamiento ambiental.
- Colección de las aguas residuales.
- Gestión integral de residuos sólidos.

### *5.2.6.4 Política de agua potable y saneamiento ambiental*

La política se desarrollará, entre otras, bajo las siguientes acciones:

- Cambio de redes.
- Extensión de redes.

- Ampliación de la red de distribución de acueducto en la zona de expansión.
- Campañas de racionalización de uso y legalización de conexiones.
- Sistemas de tratamiento de aguas residuales.
- Reposición de redes de acueducto y alcantarillado en el casco urbano.
- Separación de aguas lluvias y negras.
- Disposición final de desechos sólidos.
- Gestión integral de residuos sólidos en la cabecera municipal.
- Proyección regional de reciclaje y utilización de materia inorgánica.
- Plantas de reciclaje de residuos sólidos.

#### *5.2.6.5 Política de asentamientos humanos*

La política se desarrollará, entre otras, bajo las siguientes acciones:

- Construcción de vivienda nueva para atender el déficit habitacional.
- Plan de mejoramiento integral de vivienda.
- Ampliación de cobertura en electrificación y servicios públicos
- Recuperación de espacios públicos, zonas verdes, andenes, antejardines y otro corredores de circulación peatonal paralelos a las vías urbanas.
- Estructuración de una red caminera para la cabecera municipal.
- Identificación Urbano - regional de franjas corredores estructurantes, vinculables a propuestas de espacio público.
- Construcción de parques

#### *5.2.6.6 Política para la prevención y atención de desastres*

La política se desarrollará, entre otras, bajo las siguientes acciones:

- Fortalecimiento del Comité Local en Prevención, Atención y Recuperación de desastres
- Conformación del Comité Regional para la Prevención, Atención y Recuperación de desastres
- Campaña de concientización a comunidades acerca de las amenazas naturales y la mejor manera de enfrentarlas.
- Taller de capacitación en construcciones seguras para la mitigación de riesgos.
- Evaluación estructural de viviendas y edificaciones
- Microzonificación geológica - geotécnica en la cabecera municipal
- Reubicación de viviendas ubicadas en zonas de alto riesgo

### **5.3 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”.

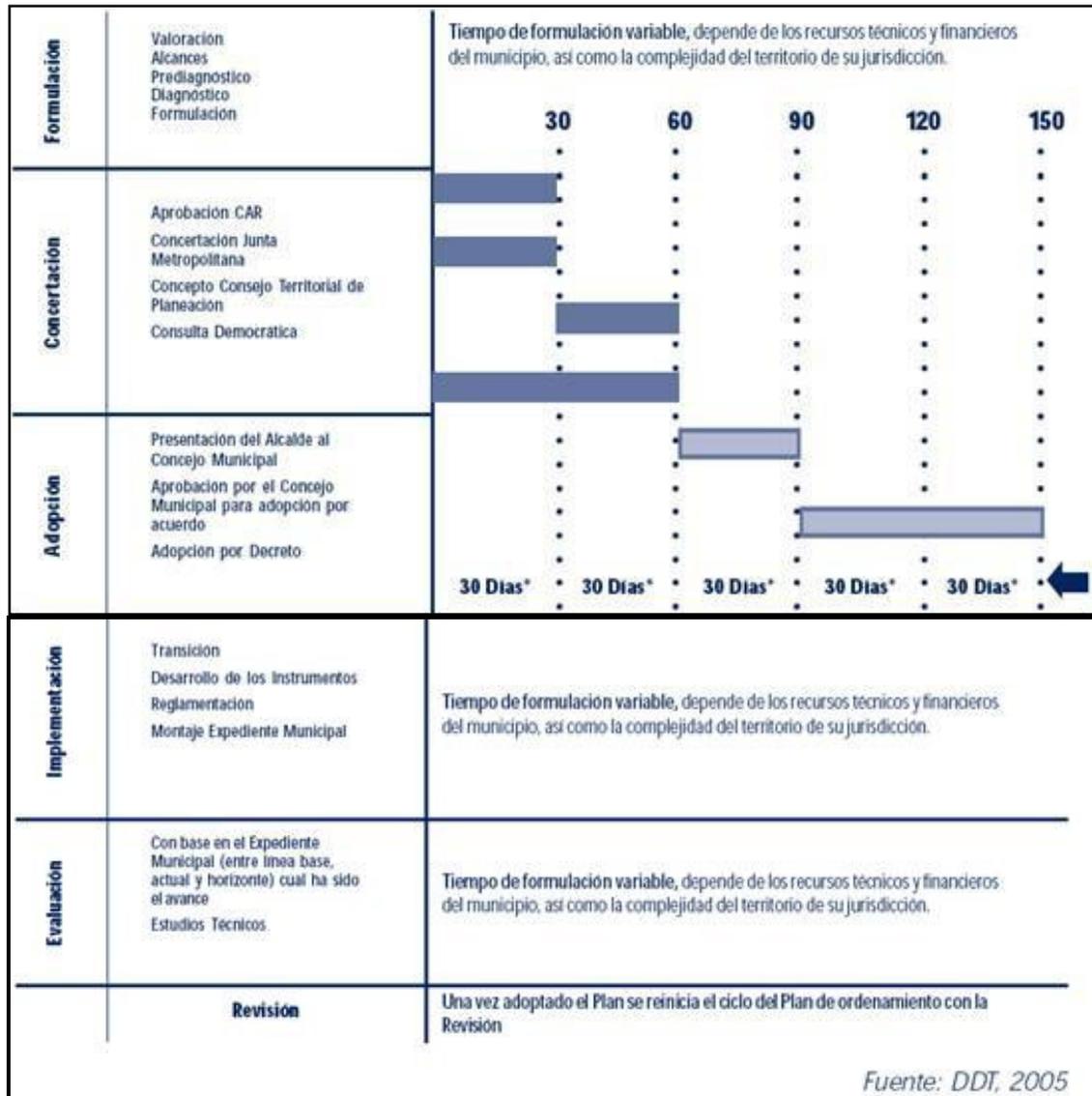
#### **5.4 PLAN DE ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA Y RIESGO CON EL POT**

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 5-1, 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 de los canales Veranillo y Puerto Tranca en la zona urbana del municipio de Turbo es lo que se ha llevado a cabo en desarrollo del presente estudio.

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).



**Figura 5-1 Procedimiento general para la incorporación del riesgo en los POT**

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.

## **5.5 MAPAS PROPUESTOS EN EL PRESENTE ESTUDIO**

En este informe se presentan los siguientes mapas:

- Amenaza por inundación – Canal Veranillo
- Amenaza por inundación – Canal Puerto Tranca
- Riesgo físico por inundación – Canal Veranillo
- Riesgo físico por inundación – Canal Puerto Tranca

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 aislamiento en los canales Veranillo y Puerto Tranca 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 .....	6-1
9.1	INTRODUCCIÓN.....	6-1
9.2	ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES .....	6-1
9.2.1	Consideraciones técnicas .....	6-1
9.2.2	Consideraciones ambientales .....	6-2
9.2.3	Consideraciones Urbanísticas.....	6-2
9.3	DISEÑO DE OBRAS.....	6-2
9.4	CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO .....	6-3

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

### **6.1 INTRODUCCIÓN**

A partir del planteamiento general de obras presentado anteriormente, 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 zonas inundables aledañas a los canales Veranillo y Puerto Tranca, 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 expuestas en este estudio buscan la recuperación morfológica y ambiental de la zona de ronda y preservación ambiental de los canales Veranillo y Puerto Tranca 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 que afectan el sector objeto de estudio es necesario que se lleve a cabo la construcción del sistema de alcantarillado de aguas servidas, se mejoren las obras de drenaje en los cruces con las vías urbanas y se haga el mejoramiento de las vías del sector, además de evitar la disposición de basuras en los canales.

### **6.2 ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES**

#### **6.2.1 Consideraciones técnicas**

En el municipio de Turbo existen asentamientos humanos en sectores que se encuentran dentro de las zonas de inundación e incluso dentro de los cauces de los canales Veranillo y Puerto Tranca; se aprecia que no se han respetado las zonas de aislamiento y ronda que se deberían preservar para estos canales y como resultado de esto durante la temporada invernal en años anteriores se ha dado la ocurrencia de inundaciones que han afectado algunos sectores densamente urbanizados y poblados.

Sumada a la ocupación no controlada de los cauces y zonas de ronda por parte de las viviendas, se tiene la disposición de aguas servidas y basuras en los cauces por parte de los pobladores del sector; esto ocasiona taponamientos y pérdida de sección de los canales Veranillo y Puerto Tranca además de que genera un conflicto ambiental y de salubridad.

Con base en lo anterior se puede indicar que se requiere por una parte definir adecuadamente la zona de ronda de los canales y por otro lado realizar la canalización de los caños objeto de estudio; la canalización de los caños Veranillo y Puerto Tranca debe estar complementada por la implementación de un sistema de alcantarillado sanitario, del mejoramiento de las vías del sector y de los sistemas de drenaje de las mismas, de acuerdo con lo indicado en el Capítulo 7.

### **6.2.2 Consideraciones ambientales**

El deterioro ambiental de los canales Veranillo y Puerto Tranca en su paso por la zona urbana se observa por la contaminación de sus aguas debido a la disposición de basuras y las entregas de aguas negras. Además se observa que dadas las bajas pendientes que poseen los canales estudiados, las velocidades de flujo también son muy bajas e incluso en los sectores que hay taponamientos y obstrucciones se produce el empozamiento de aguas de escorrentía lo que puede ocasionar problemas de salubridad en este sector. Por lo tanto se recomienda mejorar las vías aledañas al sector y sus obras de drenaje complementarias para mejorar las condiciones de drenaje de la zona y construir las redes de alcantarillado sanitario con el fin de evitar la ocurrencia de vertimientos en los canales.

La franja natural que correspondería a la zona de ronda de los canales Veranillo y Puerto Tranca adicionalmente carece de cobertura vegetal en algunos sectores por lo que se recomienda restaurar la cobertura vegetal para favorecer su estabilidad. Como se pretende que las zonas de protección ambiental sean aprovechadas a través de un uso recreativo, también se puede pensar en tratar de restaurar la cobertura vegetal en algunas franjas aprovechando que los bosques se constituyen en una barrera natural para los procesos urbanísticos irregulares que tienden a llegar muy cerca a los canales.

### **6.2.3 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.

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 de los canales 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.

## **6.3 DISEÑO DE OBRAS**

A continuación se presentan los resultados de los diseños detallados de las obras planteadas en el capítulo anterior y que deben ser implementadas en el área correspondiente a las márgenes de los canales Veranillo y Puerto Tranca a su paso por la zona urbana del municipio de Turbo.

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 en general mejorar las condiciones del entorno con la definición de zonas de recuperación y aislamiento ambiental. Los planos de localización y diseño de obras se presentan en el Anexo I de este informe.

### **Obras para el control de crecientes de los canales Veranillo y Puerto Tranca:**

- *Revestimiento en concreto de los canales Veranillo y Puerto Tranca:* A construir en concreto reforzado con un espesor de 0.20m, sobre una capa de concreto de limpieza de 0.05 m y una capa de relleno en suelo-cemento con arena con un espesor de 0.20m. La longitud del canal Veranillo a revestir en concreto reforzado es de 1647 m, y su sección es compuesta por una parte trapezoidal de 2.50 y 5.10 m, y altura de 1.30m, además de una parte triangular inferior de 2.50 m de ancho y 0.25 m de altura. La longitud del canal Puerto Tranca es de 2425 m y su forma es similar a las del canal descrito anteriormente excepto porque sus dimensiones son parte trapezoidal de 2.50 y 5.60 m y altura de 1.55m, además de una parte triangular inferior de 2.50 m de ancho y 0.25 m de altura. Los trazados de estas obras en planta coinciden con los de los canales existentes, pero su sección transversal se amplía y se rectifica su pendiente longitudinal para mejorar su capacidad hidráulica. De esta manera se espera contener las aguas de escorrentía de los canales Veranillo y Puerto Tranca durante los eventos de crecientes y evitar la inundación de los sectores que se han visto afectados.
- *Obras complementarias:* Las obras complementarias a la canalización de los caños Veranillo y Puerto Tranca corresponden a la construcción de obras como pontones y box culvert en los cruces con las vías urbanas, el mejoramiento de las vías aledañas a los canales, la construcción del sistema de alcantarillado sanitario y en general las obras de urbanismo a que se hacía referencia en el Capítulo 7.

En los planos I-1 e I-2 de localización de obras en planta que hace parte del Anexo I se presenta la distribución y detalles de las obras propuestas en este estudio para los canales Puerto Tranca y Veranillo, respectivamente. Para cada sector se establecieron las cantidades de obra y los costos directos respectivos.

#### **6.4 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO**

En la Tabla 6-1 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 6-1. 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 BOSCOsa (INCLUYE HERRAMIENTA MENOR, MANO DE OBRA Y MANEJO DE DESPERDICIOS)	M2	21.602	\$3.010	\$ 65.022.020
1,2	DESCAPOTE A MÁQUINA (INCLUYE MANO DE OBRA Y MANEJO DE DESPERDICIOS e=0,20 m)	M2	21.602	\$1.780	\$ 38.451.560
					<b>\$ 103.473.580</b>
<b>2</b>	<b>EXCAVACIONES Y RELLENOS</b>				
2,1	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN - A MÁQUINA	M3	12.936	\$5.593	\$ 72.355.360
2,2	RELLENO PARA ESTRUCTURAS - CON MATERIAL DEL SITIO	M3	17.226	\$7.993	\$ 137.695.558
2,3	RELLENO EN SUELO CEMENTO CON ARENA e=0.20m	M3	5.881	\$80.535	\$ 473.658.549
					<b>\$ 683.709.467</b>
<b>3</b>	<b>OBRAS HIDRAULICAS</b>				
3,1	CONCRETO CLASE D 21 Mpa	M3	4.644	\$374.617	\$1.739.569.953
3,2	CONCRETO SIMPLE CLASE F 14 Mpa	M3	1.508	\$131.050	\$ 197.557.875
3,3	ACERO DE REFUERZO GRADO 60	KG	180.211	\$3.290	\$ 592.892.545
					<b>\$2.530.020.373</b>
<b>VALOR COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 3.317.203.420</b>
				24,00%	\$ 796.128.821
				3,00%	\$ 99.516.103
				5,00%	\$ 165.860.171
				16,00%	\$ 26.537.627
<b>VALOR COSTO INDIRECTO</b>					<b>\$ 1.088.042.722</b>
<b>VALOR COSTO TOTAL</b>					<b>\$ 4.405.246.142</b>

## 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los caños Puerto Tranca y Veranillo hacen parte del sistema natural de drenaje del río Turbo y atraviesan la zona urbana hasta su desembocadura en la Bahía de Turbo, y en la historia de este poblado han pasado de ser soporte funcional del asentamiento humano a convertirse en cloacas urbanas que recorren las áreas urbanizadas. En general el sistema de canales no presenta ningún cuidado ambiental por parte de los habitantes, ni alguna acción administrativa de protección. Estos son receptores de las aguas servidas y de desechos sólidos de los barrios que se asentaron de manera paralela a los mismos.
- La amenaza por inundación dentro del casco urbano de Turbo obedece a varios factores como el empozamiento por aguas lluvias, altos niveles freáticos, ausencia de un sistema de alcantarillado óptimo, subida de mareas y el desbordamiento de caños producidos por falta de capacidad hidráulica por obstrucción y en parte por el reflujos de la marea. Las casas que se encuentran sobre los márgenes de los caños Puerto Tranca y Veranillo se ven afectadas por desbordes y problemas de salubridad.
- Algunas de las razones que configuran la condición de riesgo actual a que está expuesta la comunidad que se localiza sobre las zonas de ronda de los canales Veranillo y Puerto Tranca son la existencia de áreas urbanizadas ocupando zonas inundables de los canales, la carencia de sistemas de manejo de aguas residuales y de escorrentía en las zonas adyacentes a los canales, la presencia de vertimientos de aguas servidas en los canales por parte de los pobladores del sector y la pérdida de la capacidad hidráulica de los canales por ser utilizados como zonas de botadero de desechos sólidos.
- De acuerdo con lo indicado en el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio, la zona de estudio se encuentra dentro de la macro unidad abanico aluvial, la cual se ve afectada con periodicidad por inundaciones. La topografía del terreno en el que se sitúa el casco urbano del municipio y en especial los sectores por los que pasan los canales Veranillo y Puerto Tranca presentan bajas pendientes y características similares por lo que se pueden considerar como pertenecientes a una zona unidad geomorfológica.
- El evento de inundación de la zona urbana de Turbo se presenta para periodos de retorno mayores a 25 años, que se consideran probabilidades de ocurrencia media. El nivel de peligrosidad varía de medio a bajo en vista de que las velocidades de flujo y alturas de la lámina de agua son inferiores a 1 m/s y 1 m respectivamente. En las áreas cercanas al cauce principal, donde las viviendas se han invadido los márgenes de las orillas de los canales se presentan niveles de peligrosidad medios y a medida que se alejan de la orilla esta condición disminuye a una zona considerada de baja afectación.
- Se puede considerar que el comportamiento de los canales hace parte de una sola zona, dado que tanto el Caño Veranillo como el Puerto Tranca desembocan en el mismo cuerpo de agua – Caño El Waffe – y transcurren por sectores en que el crecimiento urbano se ha dado de manera no controlada y en donde se encuentran invasiones a las zonas de ronda hidráulica e incluso en el propio cauce. Sin embargo se puede dividir en dos zonas el comportamiento de los canales si se tiene en cuenta

que en el caso del caño Puerto Tranca el proceso de urbanización se ha dado en forma más intensa.

- Las afectaciones no se concentran en sectores específicos a lo largo del recorrido de los canales por la zona urbana, sino que se dan en las zonas bajas y en los sectores en que los canales o las obras hidráulicas en los cruces con las vías urbanas no cuentan con la sección suficiente para transportar el caudal de las crecientes.
- La vulnerabilidad corporal por los eventos tipo inundación se encuentra en general en un rango bajo para los canales Veranillo y Puerto Tranca. La vulnerabilidad física por eventos de inundación se encuentra en un rango variable de bajo a alto en el Canal Puerto Tranca y en el caso del Canal veranillo la vulnerabilidad física por eventos de inundación se encuentra también en un rango variable de bajo a alto.
- En lo que se refiere a la vulnerabilidad social, para las manzanas ubicadas en el área de estudio en este municipio se obtuvo una distribución de la vulnerabilidad social predominantemente “Muy alta” y “Alta”. Esto indica 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 el municipio de Turbo se encuentra constituido y en funcionamiento el Comité Local de Prevención y Atención de Desastres – CLOPAD y se cuenta con un Plan Local de Emergencias y Contingencias, pero no se han definido estrategias de mitigación de riesgos, ni se cuenta con un sistema de alarmas. No se realiza una sistematización de los reportes que se generan en cada uno de los eventos de inundaciones 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.
- Para la estimación del riesgo corporal por las inundaciones - afectación a personas- 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. En general las manzanas involucradas en la zona de estudio se encuentran en un rango bajo. Respecto al riesgo físico en los sectores aledaños al Canal Puerto Tranca, las manzanas consideradas en la zona de estudio se encuentran en un rango bajo a alto. En el caso del riesgo físico en los sectores aledaños al Canal Veranillo, las manzanas en la zona de estudio también están en un rango bajo a alto.
- Dadas las características de las inundaciones que afectan al casco urbano del Municipio de Turbo por desbordamientos de los Canales Veranillo y Puerto Tranca: bajas velocidades en la planicie de inundación, bajas alturas de lámina de agua, tiempo de inundación muy bajo y bajas velocidades de flujo, se puede afirmar que el nivel de riesgo actual que afecta a la comunidad es mitigable. Sin embargo se debe tener en cuenta que no solo se trata de un problema de desbordamiento de los canales sino que también se están produciendo vertimientos de aguas servidas, acumulaciones de basuras e invasión de los cauces y zonas de protección de los mismos.

- Las consecuencias de las inundaciones se pueden mitigar o atenuar dando a los canales Veranillo y Puerto Tranca una sección con capacidad hidráulica suficiente para evitar su desbordamiento. Se debe indicar que esta medida por sí sola no solucionaría el problema puesto que también resulta necesario que se lleve a cabo la conformación de zonas que aislen los asentamientos humanos de los cauces de los canales, además de evitar que se produzcan vertimientos de aguas servidas y la disposición de basuras en los mismos. Se debe aprovechar la oportunidad que brinda la gestión del riesgo, para establecer y normatizar la zona de ronda y de manejo y protección ambiental de las márgenes de los canales, de manera congruente con los resultados del presente estudio e implementar las obras propuestas para el control y mitigación del riesgo por inundación.
- Dentro de las medidas de mitigación no estructurales se propone la regulación del uso del suelo a través de una restricción normativa del uso del suelo que se debe aplicar en las zonas inundables, y en los sectores que se localizan en zonas de alta amenaza y/o en áreas de restricción ambiental y zonas de ronda hidráulica se debe adelantar programas de reubicación de familias. También se plantea la recuperación urbanística y adecuación paisajística del área, donde además del ajuste del urbanismo existente se involucre las zonas de restricción por riesgo por inundación y áreas de protección del sistema ecológico del municipio. Otra de estas medidas corresponde a la información pública mediante campañas educativas para mejorar la actitud de la comunidad frente a su medio físico, su entorno habitacional y ambiental.
- Como una medida de mitigación estructural se ha considerado el diseño y construcción de obras de canalización encaminadas a la protección contra los ascensos del nivel de agua durante las crecientes; las obras de canalización propuestas corresponden a canales en concreto reforzado en el paso por la zona urbana de los caños Veranillo y Puerto Tranca. Además se debe realizar la limpieza y mejoramiento o si se requiere la reconstrucción de las obras de drenaje en las intersecciones con las vías urbanas del municipio para darles una capacidad adecuada. Como obras de consolidación urbana se propone el mejoramiento de las vías de acceso con drenajes adecuados en la zona de protección ambiental, la construcción de una red de alcantarillado de aguas servidas y el mejoramiento de las obras de drenaje en las intersecciones con las vías urbanas.

## 1 BIBLIOGRAFÍA

CONVENIO CORPOURABÁ, ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL, UNIVERSIDAD NACIONAL, UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, ESAP, 2000. Plan de ordenamiento territorial municipio de Turbo.

CORPOURABÁ, 2008. Plan local de emergencias y contingencias municipio de Turbo.

CORPOURABÁ - INGEOMINAS, 1993. Evaluación de amenazas geológicas en el Municipio de Turbo.

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 Turbo 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.

HAFFER, J. & BEATTIE, D. 1959. On the Geology of the Uraba (Northwest Colombia). Mobil GGR 483. Bogotá.

HAFFER, J. 1967. On the Geology of the Urabá and northern Chocó report. 357 (mecanografiado). p. 1-105. Ecopetrol. Bogotá.

IGAC, 1972. Plancha topográfica 79-II-C Escala 1:25000.

IGAC, 1976. Fotografías aéreas 43, 44 Escala 1:9150. Vuelo R-735-9-76.

IGAC, 1989. Fotografías aéreas 492,493 Escala 1:12100. Vuelo R-1148.

IGAC, 2004 Fotografías aéreas 95-97 Escala 1:10410 y 105-107 Escala 1:10380. Vuelo C-2725.

IGAC - ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS. Proyecto Darién: Estudio para la orientación del desarrollo integral de la región del Darién colombiano, Medellín, 1978. 171 p.

IGAC – INGEOMINAS. 2006. Estudio Integral del Andén Pacífico Colombiano, Tomo I Geología, 168 p.; Tomo II Geomorfología, 66 p. Bogotá.

INGEOMINAS, 1993. Evaluación de amenazas geológicas en el área urbana del municipio de Turbo.

INGEOMINAS, 1995.- Evaluación del agua subterránea en la región de Urabá, Antioquia.

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

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

INGEOMINAS, 2003. Geología de los cinturones Sinú-San Jacinto. Planchas 50 Puerto Escondido, 51 Lórica, 59 Mulatos, 60 Canalete, 61 Montería, 69 Necoclí, 70 San Pedro de Urabá, 71 Planeta Rica, 79 Turbo, 80 Tierralta. Escala 1:100000. 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.

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.