

CONTENIDO

1	DIAGNÓSTICO CONCEPTUAL.....	1-1
1.1	GENERALIDADES	1-1
1.1.1	Introducción	1-1
1.1.2	Localización del Área de Estudio	1-1
1.1.3	Descripción General Área de Estudio	1-3
1.1.4	Área de estudio	1-4
1.2	OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO	1-4
1.2.1	Objetivo general	1-4
1.2.2	Objetivos específicos.....	1-4
1.2.3	Alcances del estudio.....	1-5
1.2.3.1	Estudios básicos.....	1-5
1.2.3.2	Evaluación de amenazas	1-5
1.2.3.3	Evaluación de vulnerabilidad.....	1-6
1.2.3.4	Evaluación del riesgo	1-6
1.2.3.5	Plan de medidas de mitigación de riesgos.....	1-6
1.2.3.6	Identificación e inventario de viviendas en riesgo no mitigable	1-6
1.2.3.7	Gestión con los municipios para incorporar los resultados en los POT.....	1-6
1.3	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES.....	1-6
1.3.1	Evaluación preliminar	1-6
1.3.2	Elaboración de la cartografía base.....	1-7
1.3.3	Análisis geológico y geomorfológico	1-7
1.3.4	Análisis hidrológico.....	1-7
1.3.5	Análisis hidráulico.....	1-7
1.3.6	Análisis geotécnico.....	1-8
1.3.7	Análisis detallado de la amenaza.....	1-8
1.3.8	Análisis detallado de la vulnerabilidad	1-8
1.3.9	Evaluación del riesgo	1-8
1.3.10	Plan de medidas de mitigación de riesgos.....	1-8
1.3.11	Identificación de viviendas en riesgo no mitigable	1-9
1.3.12	Gestión del riesgo con los municipios	1-9
1.3.13	Informe final.....	1-9
1.4	DIAGNOSTICO PRELIMINAR.....	1-9
1.4.1	Descripción y causas del problema.....	1-9
1.5	REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN BASE.....	1-12
1.5.1	Generación de Cartografía Base.....	1-12
1.5.1.1	Levantamiento topográfico	1-12
1.5.1.2	Mapa urbanístico	1-12
1.5.1.3	Mapa social	1-13
1.5.2	Caracterización física	1-13
1.5.2.1	Caracterización Geológica – Geomorfológica.....	1-13
1.5.2.2	Caracterización climatológica e hidrológica	1-13
1.5.2.3	Caracterización hidráulica	1-14

1.5.2.4	Investigación Geotécnica	1-14
1.6	MODELOS Y METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS	1-15
1.6.1	Evaluación de la Amenaza por inundación	1-15
1.6.2	Evaluación de la Amenaza por Avenidas Torrenciales	1-15
1.6.3	Evaluación de la Amenaza por inestabilidad de las márgenes y fenómenos de remoción en masa	1-15
1.6.4	Análisis de Vulnerabilidad	1-16
1.6.5	Riesgo frente a la ocurrencia de los eventos amenazantes	1-17
1.7	PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO	1-17
1.7.1	Restricción del uso del suelo.....	1-18
1.7.2	Congelación del desarrollo Urbanístico.....	1-18
1.7.3	Reubicación de familias.....	1-18
1.7.4	Obras de protección y control	1-19
1.7.5	Definición de zonas de aislamiento	1-19
1.7.6	Información pública	1-19
1.7.7	Plan de gestión con el municipio para la incorporación de los resultados a los POT ..	1-20
1.8	MARCO METODOLÓGICO	1-20
1.8.1	Análisis detallado de la amenaza	1-21
1.8.2	Análisis detallado de la vulnerabilidad	1-22
1.8.3	Análisis detallado del riesgo.....	1-24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1	Localización general del municipio de San Pedro de Uraba.....	1-2
Figura 1-2.	Vista general del municipio de San Pedro (Zona Urbana Consolidada).....	1-3
Figura 1-2.	Imágenes del Rio San Juan (derecha) y Qda San Pedro (izquierda) Los cuales han ocasionado inundaciones a zonas de la Cabecera Urbana del municipio de San Pedro de Urabá.....	1-4
Figura 1-4.	Socavación lateral, Inestabilidad de Márgenes debido al comportamiento sinuoso o meándrico. La Qda Piru antes pasaba a 100 metros de este punto atrás del cultivo (madre vieja), y ahora se encauso por delante del cultivo socavando lateralmente donde a pocos metros se encuentra una vivienda. En un Fuerte aguacero el residente nos dijo que la altura de la lamina de agua inunda el cultivo y queda al límite del borde superior de la margen (3 metros).....	1-10
Figura 1-5.	Rio San Juan.....	1-11
Figura 1-5	Diagrama de flujo para la evaluación del riesgo.....	1-16

1 DIAGNÓSTICO CONCEPTUAL

1.1 GENERALIDADES

1.1.1 Introducción

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

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

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

1.1.2 Localización del Área de Estudio

El municipio de San Pedro de Urabá se encuentra localizado en la zona noroccidental del país en el departamento de Antioquia, cerca al Golfo de Uraba, en la subregión del Urabá Antioqueño. Limita al norte con el municipio de Arboletes, al sur con el municipio de Tierralta (Córdoba), al occidente con el municipio de Turbo y al oriente con el municipio de Valencia (Córdoba). Su cabecera dista 409 kilómetros de la ciudad de Medellín, capital del departamento de Antioquia.

Se ubica en las estribaciones de la Serranía de Abibe. Su ubicación le permite ser una región de clima tropical húmedo, con temperatura promedio de 27 grados centígrados y una altura de 200 metros sobre el nivel del mar.

El ser recorrida por el río San Juan que desemboca al Atlántico, atravesándolo de sur a norte, y por sus principales afluentes. Aguas Claras, El Caimán, El Pirú, Quebrada del Medio, Molenillo, y Zapindonga entre otros, le dan riqueza a sus suelos.

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

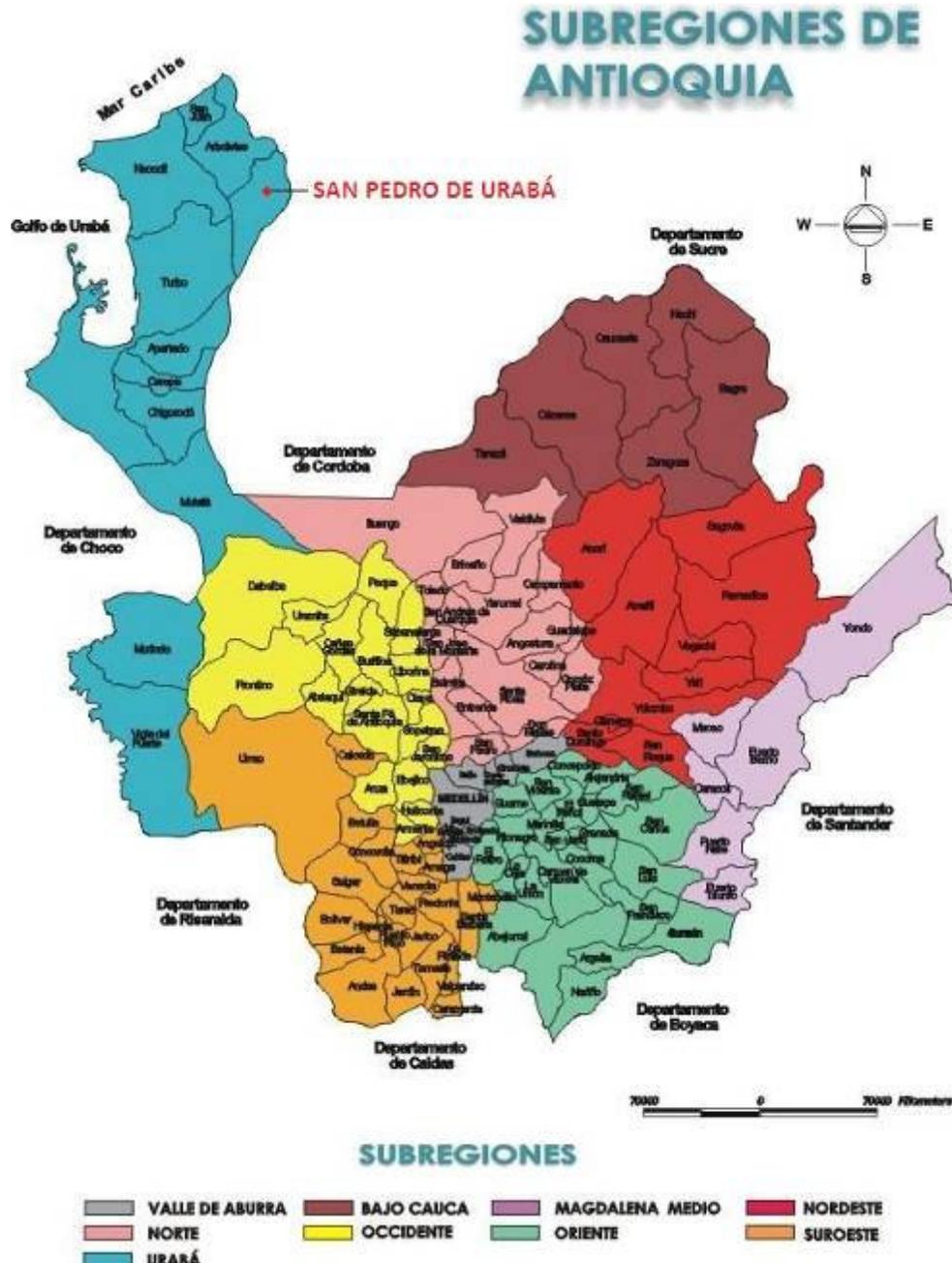


Figura 1-1 Localización general del municipio de San Pedro de Uraba.
Fuente: sanpedroeuraba-antioquia.gov.co

1.1.3 Descripción General Área de Estudio

El Municipio de San Pedro de Urabá tiene una extensión de 476 km², de los cuales 3,15 km² corresponden al casco urbano.

La cabecera Municipal está ubicada a 200 m.s.n.m. y sus coordenadas son 8° 16' 31" de Latitud Norte y 76° 22' 35" de Longitud Oeste. Su población actual es de 32.513 habitantes, donde 13000 corresponden a la zona urbana y su área de 315 Ha determinan una densidad poblacional de 41 Habitantes por hectárea, esta densidad se puede caracterizar como media y acorde con unas amplias áreas libres dentro del sector urbano que están dispuestas a ser consolidadas.

Su Topografía es relativamente Plana a ondulada en la zona urbana, y es atravesada por el Río San Juan y la Quebrada Piru, los cuales tienen cierto comportamiento meándrico, presentando inestabilidad en sus márgenes y desbordándose.

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



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

1.1.4 Área de estudio

La zona de estudio, se encuentra dentro del casco urbano del Municipio de San Pedro de Urabá, siendo de interés para el estudio el área de influencia del Río San Juan y la Quebrada El Piru.

El desarrollo urbano se encuentra limitado al oeste por el río San Juan y la quebrada El Pirú, que lo atraviesan de sur a norte y que generan conflictos en épocas invernales por peligros de inundación y desprendimiento de taludes en áreas residenciales, ubicadas sobre su ribera.



Figura 1-3. Imágenes del Río San Juan (derecha) y Qda San Pedro (izquierda) Los cuales han ocasionado inundaciones a zonas de la Cabecera Urbana del municipio de San Pedro de Urabá.

Fuente: Propia

1.2 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO

1.2.1 Objetivo general

Zonificar las amenazas y riesgos de origen natural del área urbana del municipio de San Pedro de Urabá como herramienta fundamental en la planificación del territorio.

1.2.2 Objetivos específicos

Se plantea realizar un proyecto de Zonificación por Amenazas y Riesgos en el área urbana del municipio de San Pedro de Urabá, siendo estructurado por los siguientes elementos:

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

1.2.3 Alcances del estudio

El estudio de zonificación de amenazas y riesgos de origen natural del área urbana del municipio de San Pedro de Urabá, y contempla los siguientes aspectos:

1.2.3.1 Estudios básicos

Los estudios básicos considerados son los siguientes:

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

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

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

1.2.3.2 Evaluación de amenazas

La evaluación de amenazas se realizará de acuerdo con la caracterización geológica, geomorfológica e hidráulica en las áreas urbanas de los municipios. La zonificación de amenazas será trabajada sobre una base cartográfica a escala adecuada.

1.2.3.3 Evaluación de vulnerabilidad

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

1.2.3.4 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.

1.2.3.5 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.

1.2.3.6 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.

1.2.3.7 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.

1.3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

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

1.3.1 Evaluación preliminar

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

Dentro de esta actividad también se incluye la recopilación y análisis de información secundaria, que corresponde a la consulta y adquisición de toda la información disponible que pueda resultar de utilidad para la realización del estudio. Las fuentes de esta información secundaria incluyen IGAC, Ingeominas, Catastro, DANE, SISBEN, entre otros.

1.3.2 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.

1.3.3 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.

1.3.4 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.

1.3.5 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.

1.3.6 Análisis geotécnico

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

1.3.7 Análisis detallado de la amenaza

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

1.3.8 Análisis detallado de la vulnerabilidad

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

1.3.9 Evaluación del riesgo

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

1.3.10 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.

1.3.11 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.

1.3.12 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.

1.3.13 Informe final

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

1.4 DIAGNOSTICO PRELIMINAR

Se presenta a continuación la conceptualización del estudio y la problemática de riesgo socio natural por inundación, avenidas torrenciales y/o fenómenos de remoción en masa, a partir de la valoración respectiva de la amenaza y la vulnerabilidad asociada a cada evento sobre los drenajes y laderas vecinas que delimitan el área urbana del Municipio de San Pedro de Urabá.

1.4.1 Descripción y causas del problema

El área donde se emplazan las edificaciones en la zona urbana consolidada es de característica topográfica plana con inclinaciones menores a 3° y donde existen geoformas algo definidas: unos niveles de terrazas y la llanura de inundación.

Las amenazas naturales identificadas se deben a erosión lateral de ríos y quebradas, sedimentación, inundaciones, erosión de suelos. A continuación se describen estas características:

La Zona Urbana del Municipio de San Pedro de Urabá, esta localizada en su totalidad sobre depósitos aluviales del Río San Juan; en estos sedimentos de edad cuaternaria se originaron en varios niveles de terrazas (al parecer 3 niveles) y la llanura de inundación. Las diferencias en altura de estas superficies son muy pequeñas, motivo por el cual son difíciles de separar en fotos y en el campo se pasa casi insensiblemente de uno a otro.

Amenazas Naturales.

La ubicación geológica y geomorfológica de la zona urbana de San Pedro de Urabá, hace que este municipio tenga buenas facilidades para la expansión en condiciones de seguridad, desde el punto de vista de las amenazas geológicas; sin embargo, deben tenerse algunas precauciones con los siguientes aspectos:

- Por su ubicación en un valle aluvial ancho, de muy baja pendiente longitudinal y por la litología, compuesta esencialmente de material limo arcilloso y limo arenoso, producto de la sedimentación, tanto del Río San Juan como de los afluentes principales que cruzan la zona urbana, estos han desarrollado un patrón sinuoso a meándrico.



Figura 1-4. Socavación lateral, Inestabilidad de Márgenes debido al comportamiento sinuoso o meándrico. La Qda Piru antes pasaba a 100 metros de este punto atrás del cultivo (madre vieja), y ahora se encauso por delante del cultivo socavando lateralmente donde a pocos metros se encuentra una vivienda. En un Fuerte aguacero el residente nos dijo que la altura de la lamina de agua inunda el cultivo y queda al límite del borde superior de la margen (3 metros)

Fuente: Propia

Una de las características de este tipo de corriente es el desarrollo de curvas sucesivas que cambian de forma y se desplazan lateral y longitudinalmente debido a la erosión lateral de sus orillas:

Socavacion. Inestabilidad Margenes

- En una corriente meándrica, la parte externa o cóncava de una curva está sometida a continua erosión lateral mientras que la porción interna o convexa se expande

gradualmente debido a la acumulación paulatina de sedimentos, conocida como una barra puntual.

- La continua erosión de las partes externas de curvas sucesivas hará que con el tiempo ambas concavidades se aproximen hasta unirse dando lugar a un nuevo canal y dejando separado el anterior cauce, el cual se conoce como un meandro abandonado o madre vieja, que se llenará en poco tiempo de sedimentos finos aportados por el río durante las crecientes.

En la Quebrada del Pirú se presentan la mayor parte de puntos donde hay construcciones que puedan ser afectadas; debido a que el río San Juan está algo retirado de la parte urbanizada.



Figura 1-5. Río San Juan.
Fuente: Propia

Inundacion

Debido a la ausencia de medidas sistemáticas de caudales, en el Río San Juan es difícil determinar la extensión de las zonas inundables; la llanura de inundación se deberá limitar mediante Fotointerpretación y Actividades de campo, se deberán verificar los registros históricos de inundaciones, porque además no se descarta la probabilidad de que la terraza superior sea superada.

Los barrios más expuestos a una emergencia por Inundación son El Barrio 16 de Mayo y El barrio Piru por la creciente de la Quebrada El Piru, y el barrio Zoila Lopez por el Río San Juan

El barrio Centro fue afectado por un Fuerte Aguacero recientemente, el cual inundó parte de este, sin embargo hay que conceptualizar el término inundación y encharcamiento, y que se determina como riesgo bajo y que por riesgo alto por inundación, porque el

problema del centro debe haber sido tratado como un problema en la prestación de servicios públicos toda vez que se estanco el agua producto del fuerte aguacero y un mal desagüe. Se identifico un encharcamiento cerca al Centro Administrativo.

1.5 REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN BASE

1.5.1 Generación de Cartografía Base

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

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

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

1.5.1.1 Levantamiento topográfico

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

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

1.5.1.2 Mapa urbanístico

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

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

1.5.1.3 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.).

1.5.2 Caracterización física

1.5.2.1 Caracterización Geológica – Geomorfológica

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

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

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

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

1.5.2.2 Caracterización climatológica e hidrológica

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

caracterización del patrón de flujo en función de la longitud y rugosidad de las pendientes, y capacidad de infiltración de los suelos.

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

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

1.5.2.3 Caracterización hidráulica

La caracterización hidráulica del cauce se efectuará partiendo de la determinación de los caudales de crecientes, de acuerdo al periodo de retorno de caudales y niveles más altos en estaciones hidrométricas. Para ello se consultará 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.

1.5.2.4 Investigación Geotécnica

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

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

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

1.6 MODELOS Y METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS

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

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

1.6.1 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.

1.6.2 Evaluación de la Amenaza por Avenidas Torrenciales

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

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

Se aplicará una metodología cuantitativa de análisis y cálculo de reconocida validez, con una representación gráfica a una escala 1:1000, aplicable para la evaluación de la magnitud, probabilidad de excedencia y distribución espacial de la amenaza que esté acorde con las características de las márgenes de los ríos San Juan de Uraba y la quebrada Piru. La distribución espacial del evento amenazante se realizara en función de

la tipología de evento, la morfometría de la margen o ladera y de las condiciones del entorno donde se modela el evento.

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

1.6.4 Análisis de Vulnerabilidad

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

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

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

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

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

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

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

1.6.5 Riesgo frente a la ocurrencia de los eventos amenazantes

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

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

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

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

Donde:

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

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

Si conceptualmente se define la Vulnerabilidad como

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

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

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

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

La valoración cualitativa del riesgo de los elementos corporales y funcionales se adelanta de manera descriptiva de acuerdo a la magnitud de los eventos amenazantes, a los modos de daño establecidos para los elementos físicos y de acuerdo a la importancia de funcional de cada predio, de las líneas y puntos vitales. Por tanto el riesgo corporal se asocia al número de personas afectadas y de acuerdo a la magnitud del evento amenazante, evaluar el grado de afectación (heridos, muertes, etc.); y el riesgo funcional en términos de población afectada, días de suspensión del servicio, etc.

1.7 PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO

Con los diferentes factores y elementos que se evalúan en los escenarios de riesgo establecidos para la determinación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo en el sector

objeto de estudio y especialmente con el conocimiento adquirido de cada uno de los procesos que generan las amenazas se plantean las alternativas de prevención, mitigación y control.

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

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

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

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

1.7.1 Restricción del uso del suelo

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

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

1.7.2 Congelación del desarrollo Urbanístico

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

1.7.3 Reubicación de familias

Comprende el traslado de las familias y adquisición de predios que se localizan en áreas de alta amenaza o alto riesgo no mitigable. Esta acción debe ser complementada con el

cambio de uso del suelo por las restricciones enunciadas en el numeral anterior. Para estos efectos se hará un inventario de viviendas localizadas en zonas definidas como de riesgo alto no mitigable o las viviendas localizadas en las zonas de ronda.

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

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

1.7.4 Obras de protección y control

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

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

1.7.5 Definición de zonas de aislamiento

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

- Áreas forestales.
- Áreas de ronda de los cursos de agua.

1.7.6 Información pública

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

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

- El nivel de riesgo a que están expuestos.
- Identificación de agentes detonantes y cómo debe ser el comportamiento frente a los mismos.

- Beneficios de las obras de mitigación del riesgo, su construcción y mantenimiento.
- Manejo ambiental y mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

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

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

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

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

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

1.8 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 San Pedro de Uraba.

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.

1.8.1 Análisis detallado de la amenaza

Para caracterizar los diferentes tipos de amenaza a que está expuesta la comunidad de la zona urbana del municipio de San Pedro de Uraba, se debe:

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

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

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

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

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

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

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

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

1.8.2 Análisis detallado de la vulnerabilidad

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

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

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

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

Para elementos individuales el nivel de daño esperado queda definido en función directa de los procesos generadores de daño o de las solicitudes 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

1.8.3 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.

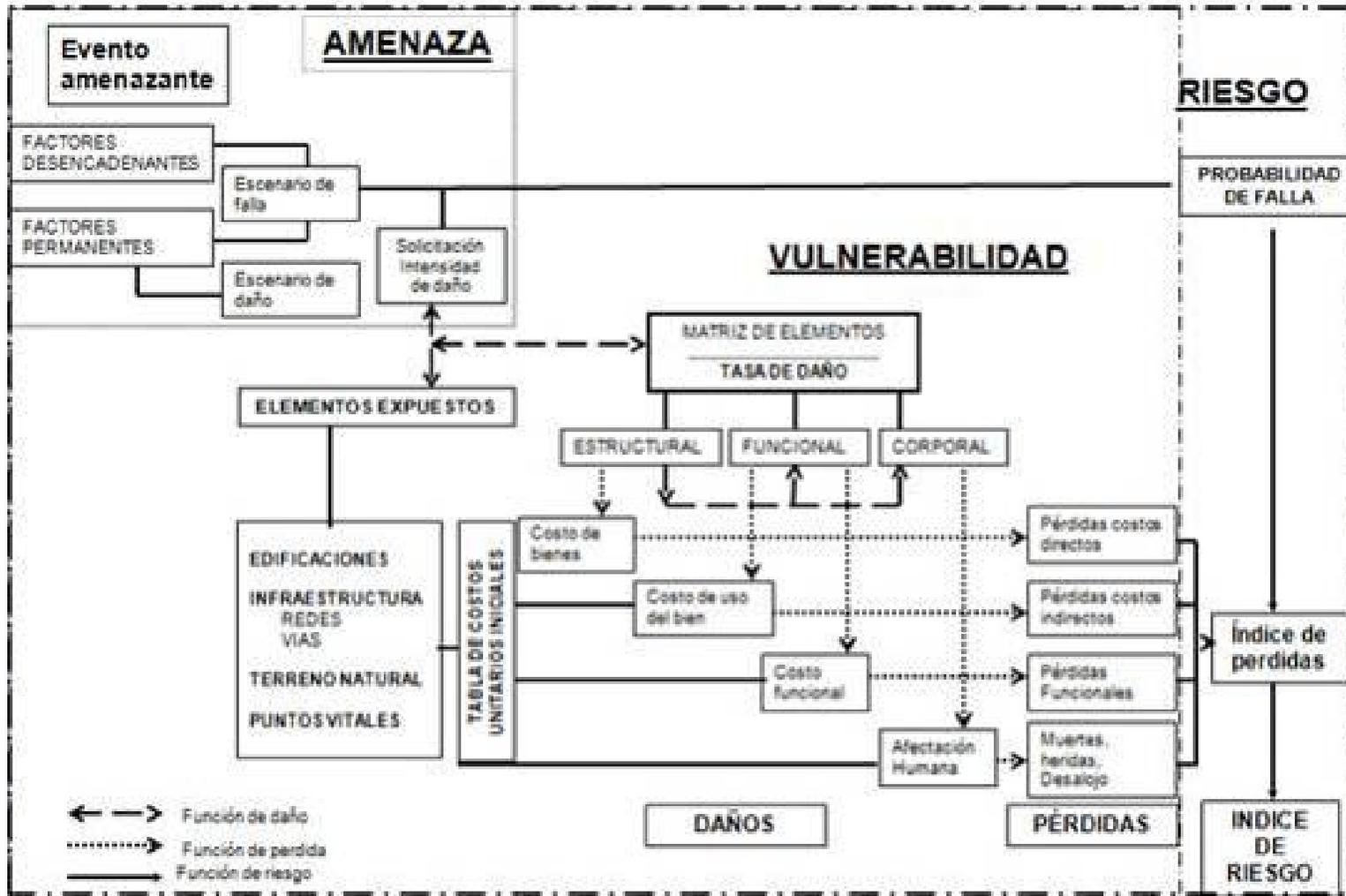


Figura 1-6 Diagrama de flujo para la evaluación del riesgo