ANEXO 1

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL CONTRATO INTERADMINISTRATIVO DE MANDATO SIN REPRESENTACIÓN PARA EL ANÁLISIS Y LA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN EL DISTRITO DE MEDELLÍN.

1. ALCANCE DEL ANEXO

Este anexo de especificaciones técnicas detalla los contenidos de las evidencias solicitadas en el estudio previo 40027, según el tipo de riesgo a identificar descritos en el alcance del objeto, en los sectores Paraíso 1 y 2 del corregimiento de San Cristóbal; así como la elaboración del estudio hidrogeológico para diagnosticar el origen y dirección de agua subterránea que aflora en el Barrio Santa Inés, y los estudios hidráulicos y sanitarios necesarios para garantizar la estabilidad del talud ubicado en el barrio Santo Domingo.

Este anexo no obedece a un modelo o metodología secuencial, sino que obedece al detalle de los contenidos técnicos de evidencias que, por su nivel de detalle, no se incluyeron textualmente en el estudio previo 40027. Lo cual hace que este anexo sea totalmente vinculante al estudio previo en mención.

Los productos para entregar se detallan en cada uno de los apartados del numeral 5. METODOLOGÍA DE TRABAJO Y PRODUCTOS PARA ENTREGAR.

2. ALCANCE DE LA IDENTIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DE RIESGO

- En vista de que los sectores Paraíso 1 y 2 han sido objeto de procesos de ocupación informal desde hace más de una década, la zonificación del riesgo que se presenta en el Plan de Ordenamiento Territorial hoy revela una inconsistencia a la luz de la realidad del territorio, pues aquellas áreas que estaban catalogadas como Zonas de Amenaza Alta, ahora se encuentran urbanizadas y se han transformado en Zonas con Condiciones de Riesgo, de ahí que sea procedente realizar estudios de riesgo de detalle para estas zonas desde el punto de vista normativo.

Si bien la mayor parte de los sectores Paraíso 1 y 2 se clasifica como Zona de Amenaza Baja y Media por movimientos en masa, según el POT vigente, no se puede desconocer que las dinámicas territoriales y la complejidad de los procesos urbanísticos en la zona, han cambiado sustancialmente sus condiciones topográficas e hidrológicas de manera que la categorización de la amenaza debería ser reevaluada.

En las imágenes que se presentan a continuación, se contrastan las condiciones de ocupación del sector El Paraíso en el año de publicación del POT, frente a las condiciones que se presentan en la actualidad. Es evidente cómo se han modificado las características físicas del territorio tras el proceso de consolidación urbanística, lo que ha implicado la ejecución de cortes o excavaciones para la adecuación de lotes y apertura de vías, la intervención de la red de drenaje, la conformación de llenos antrópicos, la adaptación de sistemas precarios de acueducto y alcantarillado, la

generación de sobrecargas por la densificación de estructuras habitacionales, entre otros factores que tienen influencia directa en las condiciones de estabilidad de las laderas.

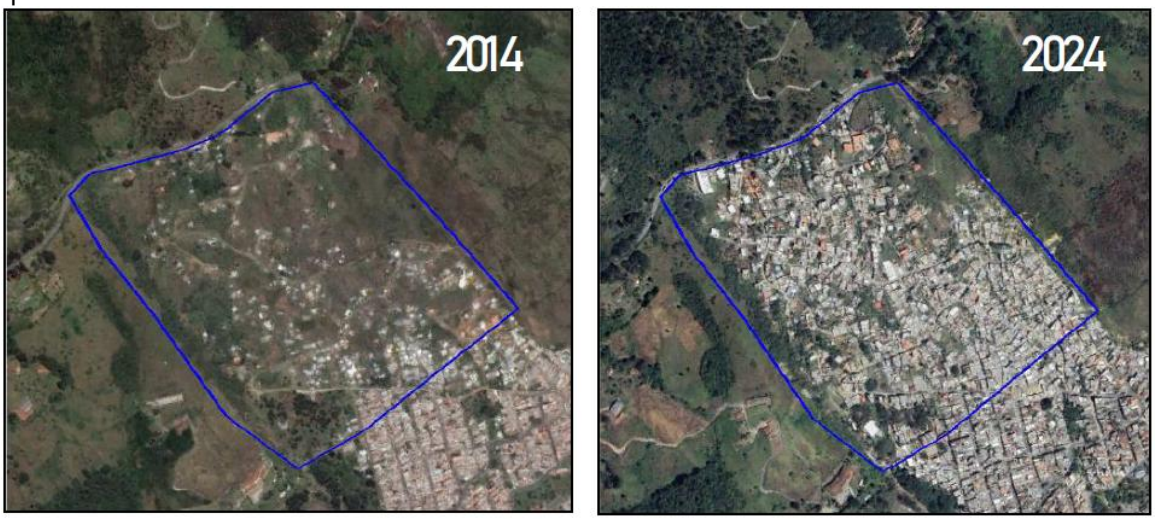


Figura 1. Condiciones de ocupación del sector El Paraíso para los años 2014 y 2024 (Fuente: Imágenes de Google Earth).

➢ El barrio Santa Inés está ubicado en la Comuna 3 – Manrique, en la vertiente centro oriental del Distrito de Medellín. A partir de los registros históricos sobre inspecciones técnicas por riesgo, ejecutadas por el Distrito de Medellín a través del DAGRD en el barrio Santa Inés, se ha identificado, principalmente, un escenario de riesgo por aguas o flujos subsuperficiales (afloramientos de agua) y daños estructurales en infraestructura y edificaciones.

La situación del sector, en términos generales, se ha diagnosticado como una problemática asociada al desarrollo de humedades en muros y losas de viviendas, así como a daños estructurales, representados por grietas en muros y deformaciones en losas, en edificaciones apoyadas sobre el terreno natural, con influencia de aguas superficiales y subsuperficiales.

➢ En la carrera 38 # 110C -38 del Barrio Santo Domingo, se localiza un tanque de almacenamiento de agua, que se abastece presuntamente de un nacimiento aguas arriba. Históricamente, dos familias se han visto beneficiadas del agua del tanque, y algunos vecinos del sector; que en ocasiones de interrupción del suministro de agua de EPM aprovechan el agua del tanque.

Actualmente el tanque de almacenamiento presenta varias filtraciones de agua, afectando directamente el talud. En consecuencia, las viviendas ubicadas en la parte baja han tenido inconvenientes, especialmente en la época de lluvias.

Por otra parte, existe una línea de alcantarillado en tubería de Gres instalada por la comunidad y no operada por EPM, ésta se ha fracturado en algunos tramos, ocasionando la fuga de agua residual al terreno.

.

3. ÁREA DE IDENTIFICACIÓN

➢ El área objeto de estudio de los sectores Paraíso 1 y 2 se sitúa al occidente del Distrito de Medellín y se compone de dos lotes, ubicados en jurisdicción del corregimiento de San Cristóbal, específicamente en los barrios Picacho y Aures N°2.

Tabla 1 Resumen Normativo, Acuerdo 48 de 2014 – POT de Medellín

Lotes	Corregimiento	CBML	Área (m^2)	Clasificación del suelo
1	San Cristóbal	601200000244	304.272,2	95,5% suelo rural, 4,5% suelo urbano (Artículos 15 y 12 del POT de 2014)
2	San Cristóbal	601200000245	40.000	100% suelo rural (Artículos 15 del POT de 2014)



Figura 2 Identificación COBAMA-Lote (CMBL) de los lotes que componen el área de estudio.

➢ El área objeto de estudio en el barrio Santa Inés está ubicado en la Comuna 3 – Manrique, entre las Calles 80 y 82 y entre las Carreras 32 y 36C, en el municipio de Medellín.



Figura 3 Ubicación del área de estudio en el Barrio Santa Inés Comuna 3 – Manrique

- El área objeto de estudio en el barrio Santo Domingo esta ubicado en la Comuna 1 - Popular carrera 38 # 110C -38.



Figura 4 Ubicación del área de estudio del tanque en el Barrio Santo Domingo

4. ESCALA DE TRABAJO

La base cartográfica y los diferentes insumos que se empleen en la identificación de las condiciones de riesgo de detalle, y de los estudios objeto de este contrato, deberán realizarse a una escala 1:2.000 o de mayor detalle.

5. METODOLOGÍA DE TRABAJO Y PRODUCTOS PARA ENTREGAR – ESTUDIOS DE RIESGO DE DETALLE.

5.1 Recopilación, evaluación y clasificación de la información existente

Para la realización de la identificación de las condiciones de riesgo de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de detalle se deberá compilar, procesar, revisar y evaluar la información y los datos disponibles de las áreas de identificación, en los temas de: geología, geomorfología, morfodinámica, hidrología, hidráulica, hidrogeología, geología estructural, geotecnia, sismología, amenaza por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, además de las bases de datos de eventos históricos y reportes del DAGRD y el AMVA, datos sociodemográficos de fuentes validadas por la Subdirección de Información y Evaluación Estratégica del DAP (Censo, DANE, Encuesta Calidad de Vida, u otra).

La información mínima que se debe recolectar y evaluar es la siguiente:

- Normatividad vigente en el POT aplicable al área de identificación.
- Fotointerpretación y uso de los sensores remotos disponibles. Se deberán consultar y evaluar las fotografías aéreas e imágenes de satélite disponibles en diferentes entidades (DAP, AMVA,

Corantioquia, EPM, IGAC, Servicio Geológico Colombiano, entre otras), relacionadas con el área de identificación.

- Identificación de las condiciones temáticas puntuales: Deberán ser consultados los estudios técnicos para proyectos u obras de infraestructura, estabilización de laderas/taludes, mitigación de emergencias, entre otros, que se hayan realizado en la zona de identificación y su área de influencia (Unidad Morfodinámica Independiente - UMI -).
- Información hidroclimatológica y de nivel: Se debe recolectar la información hidrológica, pluviométrica y de nivel disponible y aplicable para el área de identificación, la cual se debe evaluar en sus caudales máximos su variación por efecto del cambio climático (para la información de niveles consultar la plataforma SIATA).
- Información sísmica. Deberá recolectarse los datos e información sísmica de estudios regionales y/o locales.
- Registros o reportes históricos de eventos: Se deberá consultar las bases de datos elaboradas por diferentes instituciones del orden municipal y regional (Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres -DAGRD-, AMVA (Desinventar), DAP, Secretaría de Medio Ambiente, Corantioquia, entre otras) que contengan registros de desastres o eventos ocurridos en el pasado y su magnitud. Esta información deberá plasmarse en la cartografía presentada.
- Informes y conceptos técnicos. Se debe recolectar todo tipo de informes, estudios y mapas temáticos relacionados con el objeto y alcances de la identificación de riesgos: geología, geomorfología, procesos morfodinámicos, cobertura vegetal, amenaza por movimientos en masa e inundaciones, hidrología, hidráulica, hidrogeología, usos de suelo, entre otros, para la zona objeto de identificación.
- Estudios geotécnicos o de suelos, patología o vulnerabilidad estructural, hidrológica, hidráulica e hidrogeológica disponibles, relacionados con edificaciones, obras de infraestructura o proyectos de importancia, obras de estabilización o mitigación, entre otros.
- Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del río Aburrá (POMCA) 2007, Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas (POMCA) existentes, Planes Integrales de Ordenamiento y Manejo de Microcuencas (PIOM), Planes Parciales, actualizaciones de la red hídrica, Planes Especiales de Ordenamiento Corregimentales (PEOC) y estudios técnicos previos sobre la cuenca, incluyendo los realizados para la obtención de permisos de intervención de cauces y licencias ambientales, entre otros.
- Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales para Medellín y la región metropolitana, Universidad Nacional de Colombia, 2009.
- Datos sociodemográficos de fuentes validadas por la Subdirección de Información y Evaluación Estratégica del DAP (Censo, DANE, Encuesta Calidad de Vida, u otra).

Nota: esta información deberá estar contenida dentro de los diferentes numerales del informe final del estudio de riesgo de detalle.

5.2. Plan de trabajo

Teniendo en cuenta que, para la identificación y evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo se manejan diversos métodos, se debe utilizar en el plan de trabajo la metodología que mejor aplique. Para la evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo. El ejecutor del contrato interadministrativo propondrá a la Supervisión del contrato metodologías de reconocida validez, demostrables y replicables, que permitan delimitar y caracterizar los diferentes niveles de amenaza

(alta, media y baja), vulnerabilidad (alta, media y baja) y riesgo (alto - mitigable y no mitigable, medio y bajo).

El plan de trabajo debe ser aprobado por la Supervisión antes de iniciar su ejecución. Además, cualquier modificación que deba realizarse durante la identificación y zonificación detallada de la amenaza, deberá ser puesta a consideración y aprobación de la Supervisión.

5.3. Evaluación de la amenaza por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales:

La evaluación de la amenaza se debe de realizar para movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, categorizándola en amenaza baja, media y alta. Su evaluación, se debe de realizar de acuerdo con las siguientes indicaciones:

5.3.1. Evaluación detallada de amenaza por movimientos en masa:

Se debe realizar la evaluación de la amenaza por movimientos en masa bajo las condiciones: i) actuales, ii) futuras probables, con medidas de mitigación para condiciones normales, y iii) extremas (lluvia, sismo y procesos antrópicos: cortes, excavaciones, rellenos y construcciones en general) durante un periodo de exposición no menor a 50 años.

5.3.1.1. Área de identificación:

Se refiere a las áreas de amenaza y a las zonas con condición de riesgo, por movimientos en masa delimitadas en el Plan de Ordenamiento Territorial. Estas áreas podrán ser precisadas con base en la geoforma de la zona objeto de identificación.

5.3.1.2. Insumos:

La evaluación detallada de amenaza debe incluir como insumos básicos mínimos, elaborados y evaluados a la escala de trabajo, los siguientes:

- **Geología, geomorfología y morfodinámica:** La información geológica, geomorfológica y morfodinámica, debe ser complementada con levantamientos locales, con el propósito de determinar las principales características litológicas, estructurales, estratigráficas e hidrogeológicas relevantes para el área en identificación. La información geológica debe hacerse con énfasis para la ingeniería y la geomorfología aplicada a los movimientos en masa a nivel de subunidades geomorfológicas. La obtención de esta información es insumo básico para el plan de investigaciones geotécnicas de campo y de laboratorio.

  Dentro de la evaluación geomorfológica se debe realizar el inventario de procesos morfodinámicos presentes en el área de evaluación, complementado con los registros históricos de eventos.

La evaluación geológica, geomorfológica y morfodinámica se debe realizar, teniendo en cuenta los lineamientos del Acuerdo Metropolitano 09 de 2012 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA).

- **Geología estructural:** En el área de identificación y en su zona de influencia se deben identificar las probables fallas locales y regionales, y las estructuras heredadas predominantes, cuando se trate de un macizo rocoso.

- **Hidrogeología:** La evaluación hidrogeológica está encaminada a un conocimiento de los flujos y zonas de almacenamiento de agua en el subsuelo. Su finalidad es el diseño de las obras de drenaje y disposición de estas con criterios técnicos y asegurando el manejo adecuado de las aguas.

A partir de la información secundaria disponible y la adquirida en campo, se deben determinar las características de las aguas sub-superficiales que puedan tener influencia en las condiciones de estabilidad del área objeto de identificación, así como también el registro y comportamiento de los niveles freáticos.

Como conclusión de la evaluación hidrogeológica del área de identificación, se debe determinar los parámetros correspondientes a:

- Posición (es) de niveles de agua en condiciones normales
- Posición (es) de niveles de agua en condiciones extremas de lluvia
- Periodo de recurrencia de condiciones extremas de lluvia

La evaluación hidrogeológica debe fijar los criterios para definir y diseñar las obras de drenaje que harán parte del plan general de obras de estabilización y/o mitigación que se deben implementar como resultado de la identificación de riesgo de detalle.

- **Evaluación del drenaje superficial:** Se debe de realizar una evaluación hidrológica e hidráulica del sistema de drenaje superficial, tanto natural como artificial (sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial) dentro de la zona de identificación y su área de influencia - UMI, de tal manera que permita establecer su posible incidencia en la ocurrencia de movimientos en masa que afecten el área de identificación o que se podrían generar en su zona de influencia directa, para establecer su posible incidencia en los movimientos en masa.

- **Sismología:** las condiciones sísmicas, como posibles detonantes de movimientos en masa, a utilizar serán las disponibles en el estudio de Microzonificación Sísmica del Área Urbana de Medellín (1999), o la que resulte aplicable a la luz de las modificaciones o actualizaciones normativas vigentes al momento de realizar la identificación de las condiciones de riesgo.

Se tomará el valor de aceleración máxima (Am) correspondiente para un período de evaluación de 50 años y una probabilidad de excedencia no mayor al 10%, o la que sea definida en las modificaciones o actualizaciones normativas vigentes al momento de realizar la identificación de las condiciones de riesgo.

- **Uso del suelo:** Se deben de tener en cuenta para esta evaluación, los usos del suelo del POT vigente.

- **Identificación y exploración geotécnica para la evaluación de la amenaza:** Con base en la información geológica, geomorfológica y morfodinámica realizada, se debe programar la identificación y exploración geotécnica.

El objetivo de la identificación y exploración geotécnica es obtener los perfiles geotécnicos para orientar el modelo de cálculo de estabilidad, constituyendo un elemento obligatorio para la evaluación de estabilidad del área o ladera objeto de identificación. No obstante, si se requiere profundizar la exploración geotécnica en un área específica donde se han presentado o pueden ocurrir movimientos en masa profundos o complejos, se deberán realizar las respectivas exploraciones. Dentro de las investigaciones se incluyen las exploraciones de campo, ensayos de campo, muestreos y ensayos de laboratorio. La identificación geotécnica puede ser complementada con exploración geofísica (líneas de refracción y/o reflexión sísmica). El propósito de tal determinación es conocer la distribución espacial de los cuerpos de roca en el subsuelo, así como las anomalías presentes en ellas.

La exploración de campo debe ser lo suficientemente detallada para que permita determinar las propiedades geotécnicas del subsuelo. Esta consiste en la ejecución de sondeos (perforaciones, apiques, trincheras, u otros procedimientos reconocidos) necesarios para cumplir con los objetivos de identificación de las condiciones de riesgo, además debe considerar la toma de muestras necesarias bajo un método óptimo, según las condiciones de campo para que permita realizar las investigaciones de laboratorio pertinentes.

El plan de exploración debe ser especificado por el geotécnista responsable y debe ser lo suficientemente detallado, en relación con el tipo, cantidad y profundidad de los sondeos. Es válido cualquier tipo de identificación o exploración que proporcione información fiable para la elaboración del modelo de evaluación.

En el caso de taludes rocosos o laderas con bloques de roca, se debe evaluar su condición de amenaza, mediante la evaluación de estabilidad detallado de todas las discontinuidades estructurales presentes.

- **Determinación del Modelo Geológico – Geotécnico:** El modelo geológico - geotécnico se realizará para las áreas objeto de identificación e incluirá los geomateriales y su distribución estratigráfica, así como las características geomecánicas de resistencia y densidad en cada uno de ellos. Adicionalmente, el modelo geológico - geotécnico debe permitir establecer los posibles mecanismos de falla del área de identificación, acordes con las propiedades geomecánicas de los materiales, con las condiciones de drenaje y con los rasgos geológicos y geomorfológicos presentes en la zona, para lo cual es fundamental realizar un inventario detallado y una adecuada caracterización de los movimientos en masa, actividad contemplada en la evaluación geomorfológica y morfodinámica detallada previamente.

- **Evaluación de estabilidad para la evaluación de la amenaza por movimientos en masa:**

La evaluación de estabilidad se debe efectuar empleando métodos basados en el equilibrio límite mediante el cálculo de los factores de seguridad utilizando metodologías de evaluación de reconocida validez y aplicación.

Los mecanismos de falla usados en el modelo se deben definir a partir de lo identificado en la evaluación geológica y geomorfológica, incluyendo todos los mecanismos de falla posibles. En general se recomienda el uso de múltiples métodos, específicamente el uso de los métodos llamados rigurosos para la evaluación de equilibrio límite.

La evaluación de la amenaza se deberá realizar para los siguientes escenarios:

- Para la situación actual y para los procesos por movimientos en masa identificados como parte del modelo geológico-geotécnico propuesto para el área objeto de identificación, ii) bajo las condiciones normales y extremas de lluvia y iii) sismo a las que podrá estar expuesta el área de identificación.

- La aceleración crítica que debe ser considerada en la evaluación de tipo pseudo-estático deberá ser la envolvente del espectro de diseño establecido por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 definido en el Titulo A y el espectro correspondiente del estudio de Microzonificación Sísmica para el Área Urbana de Medellín (1999) para el sitio o área de interés, o la que resulte aplicable a la luz de las modificaciones o actualizaciones normativas vigentes al momento de realizar este tipo identificación de las condiciones de riesgo. Adicionalmente, no podrá ser menor a 2/3 de la aceleración máxima (Am), debidamente justificada.

- Para la situación generada por el cambio de la aptitud del uso (licencia de urbanización, parcelación, construcción de nuevas obras de urbanismo, y plan de construcciones más probables), teniendo en cuenta para cada caso: cortes, excavaciones, rellenos, sobrecargas, modificaciones del drenaje, entre otros, para los fenómenos por movimientos en masa, reactivados o inducidos durante y después de la ejecución de las obras, bajo las condiciones normales y extremas de lluvia y sismo a las que podrá estar expuesta el área de identificación.

- **Levantamiento topográfico:** En el caso de que se requiera, de acuerdo al nivel de detalle y la necesidad para el diseño y construcción de obras de mitigación, se deberá realizar un levantamiento topográfico amarrado a la red geodésica de la ciudad, para lo cual se requiere el asesoramiento del Grupo de Geodesia del Municipio de Medellín. Este levantamiento deberá realizarse a una escala de detalle (1:500 ó 1:200) para las áreas o sectores críticos, incluyendo la información predial o catastral. Igualmente, el levantamiento debe indicar el contorno de posibles áreas afectadas por procesos morfodinámicos (si las hay), las construcciones existentes, vías, drenajes naturales y artificiales, afloramientos rocosos y aspectos tales como grietas, fisuras y hundimientos del terreno.

- **Categorías Geotécnicas:** Para todos los escenarios (condiciones normales y extremas), se elaborarán y presentarán mapas de amenaza a escala 1:2.000 o de mayor detalle para el área urbana (1:1.000 ó 1:500) y 1:5.000 o de mayor detalle para el área rural (1:1.000 o 1:500), clasificando el área con base en los criterios presentados en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2. CLASIFICACIÓN DE PROYECTOS GEOTÉCNICOS SEGÚN LOS FACTORES DE AMENAZA[1]

NIVEL DE AMENAZA GEOTÉCNICA	BAJA	MEDIA	ALTA
Condiciones del terreno	Conocidas. No existen suelos compresibles, sueltos o blandos. No hay llenos sueltos. Pendientes nulas o muy bajas.	Determinables a partir de recopilación en campo de datos (descripción del suelo mediante observaciones directas e indirectas) y ensayos de clasificación y resistencia convencionales.	Excepcionalmente difíciles o inusuales. Exploración detallada directa e indirecta de campo (avanzada). Son necesarios ensayos especiales para la caracterización del comportamiento mecánico (resistencia y deformabilidad) e hidráulico del terreno.
Hidrogeología	No existen excavaciones debajo del NF. Cuando se encuentren las hay la experiencia indica que no habrá problema.	Son necesarias medidas convencionales de drenaje, para evitar daños a las estructuras.	Presiones de agua excesivas, condiciones excepcionales del suelo, múltiples capas o estratos con permeabilidad variable.
Sismicidad regional	Amenaza sísmica inexistente o bajo.	Amenaza sísmica moderada. Emplear la normatividad vigente locales y/o nacionales cuando existan.	Amenaza sísmica alta.
Influencia del medio ambiente	No existen fenómenos ambientales: subsidencia regional, amenaza hidrológica, suelos con amplificación de la respuesta sísmica	Existen fenómenos ambientales que pueden ser considerados usando procedimientos de evaluación ya establecidos.	Existen problemas ambientales para los cuales los procedimientos convencionales no son suficientes. Se requieren procedimientos de evaluación avanzados.

Tabla 3. CLASIFICACIÓN DE PROYECTOS GEOTÉCNICOS SEGÚN LOS FACTORES DE VULNERABILIDAD[2].

NIVEL VULNERABILIDAD	BAJA	MEDIA	ALTA
Características y tamaño de las estructuras y sus elementos	Estructuras pequeñas y relativamente simples. Estructuras poco sensibles (aquellas sin ocupación permanente de personas) en zonas de amenaza sísmica baja o intermedia se pueden clasificar en esta categoría.	Estructuras que no excedan lo convencional (en términos de forma, tamaño, ocupación o importancia vital).	Estructuras no convencionales en virtud de su gran tamaño o complejidad. Estructuras de uso masivo de personas en áreas de amenaza sísmica intermedia o alta.
Entorno (contiguas)	No existen amenazas ocasionadas por estructuras colindantes y la propia estructura no genera amenaza para las contiguas. No existe amenaza considerable para la vida humana en su entorno inmediato.	Daños probables a las estructuras o terrenos vecinos como resultado de movimientos de tierra (excavaciones y/o llenos).	Alta probabilidad de afectación o daños a las estructuras y terrenos vecinos.

Una vez se ha realizado la clasificación de los proyectos, se puede verificar la categoría de estos con el uso de la matriz de riesgo indicada en la Tabla 4.

Tabla 4. MATRIZ DE RIESGO PARA CLASIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS GEOTÉCNICOS[3].

		NIVEL DE AMENAZA		
		ALTO	MEDIO	BAJO
NIVEL DE VULNERABILIDAD	ALTO	Categoría 3	Categoría 3	Categoría 2
	MEDIO	Categoría 3	Categoría 2	Categoría 1
	BAJO	Categoría 2	Categoría 1	Categoría 1

[1, 2, 3] Fuente. Las tablas son versiones modificadas y simplificadas del EUROCODIGO publicadas por Phoon, K.-K., 2008. Reliability-Based Design in Geotechnical Engineering Firs. K.-K. Phoon, ed., New York.

Categoría Geotécnica 1: Corresponde a **RIESGO BAJO** e incluye estructuras pequeñas y relativamente simples para las que los requisitos básicos de diseño pueden ser analizados sobre la base de la experiencia con investigaciones geotécnicas cualitativas puesto que hay riesgo insignificante para la propiedad y la vida, debido a las condiciones del terreno o de carga. Los diseños pueden basarse en procedimientos empíricos para garantizar la confiabilidad requerida,

sin el uso de la evaluación basada en la probabilidad. El factor de seguridad de las laderas dentro de esta categoría es FS>1,5; o alternativamente probabilidades de falla PF<0,0002/año. Las obras ejecutadas dentro de esta categoría deberán ser proyectadas para mantener o mejorar la estabilidad general de la ladera y deberá verificarse que satisfagan la relación indicada en la Ecuación (1).

$$\begin{pmatrix}\text{Reducción en la probabilidad}\\ \text{de falla asociada a un diseño}\\ \text{más confiable}\end{pmatrix} X \begin{pmatrix}\text{Costo de la falla}\\ \text{o de un desempeño}\\ \text{inapropiado}\end{pmatrix} < \begin{pmatrix}\text{Costo adicional}\\ \text{del diseño}\\ \text{más confiable}\end{pmatrix} \qquad \text{Ec. (1)}$$

Categoría Geotécnica 2: Corresponde a **RIESGO MEDIO** e incluye los tipos convencionales de estructuras y fundaciones para las cuales el nivel de complejidad de diseño, a criterio del especialista, es considerado normal; y para las cuales las condiciones de carga y las condiciones del terreno también son consideradas normales. Los diseños de las estructuras de esta categoría requieren datos geotécnicos cuantitativos y evaluación cuantitativa para garantizar que los requisitos básicos de confiabilidad sean satisfechos, requiriendo de profesionales debidamente cualificados, normalmente un ingeniero civil con conocimiento y experiencia geotécnica adecuada. Procedimientos de rutina pueden ser utilizados para las investigaciones de campo y para la definición del tipo y número de ensayos de laboratorio. De igual forma pueden usarse procedimientos de rutina para el diseño y la construcción. Los factores de seguridad de laderas naturales en esta categoría pueden estar entre 1,2 y 1,5; o alternativamente con probabilidades de falla máxima de 0,05/año. El riesgo dentro de esta categoría podrá disminuir mediante diseños más confiables incorporando obras estabilización y medidas de mitigación que reduzcan la probabilidad de falla verificando que se satisfaga la Ecuación (1).

Categoría Geotécnica 3: Corresponde a **RIESGO ALTO** e incluye estructuras que no entran dentro de los límites de las categorías 1 o 2. La categoría geotécnica 3 incluye estructuras muy grandes o inusuales, estructuras cuyos diseños, a criterio del especialista, se consideran de alta complejidad o para las cuales se identifican condiciones del terreno excepcionalmente difíciles o sometidas a cargas extremadamente altas. También entran en esta categoría estructuras en zonas altamente sísmicas. Los diseños en esta categoría requerirán la intervención de un especialista (ingeniero geotecnista). Por lo tanto, con el fin de tener en cuenta el riesgo no convencional asociado con esta categoría, se requiere utilizar la evaluación de confiabilidad basada en probabilidades. El factor de seguridad de laderas naturales en esta categoría es FS<1,2 o alternativamente probabilidad de falla PF>0,05/año. El riesgo dentro de esta categoría podrá disminuir mediante diseños más confiables, incorporando obras de estabilización y medidas de mitigación que reduzcan la probabilidad de falla, verificando que se satisfaga la Ecuación (1).

- **Probabilidad de falla:** Los factores de seguridad dependen de la evaluación probabilística y del nivel de riesgo aceptable.

  En esta evaluación, los parámetros estadísticos de los materiales deben ser obtenidos a partir del procesamiento de la información obtenida en trabajos de campo y laboratorio, complementada con la información existente de trabajos previos en formaciones similares.

La amenaza deberá expresarse de acuerdo a una escala cuantitativa, así: **amenaza alta** (FS ≤ 1.2; o Probabilidad de Ruptura (PR) ≥ 0,05/año), **media** (1.2 < FS ≤ 1.5; PR: 0,0002/año – 0,05/año) y **baja** (FS > 1.5; PR: <0,0002/año). Se debe además incluir una descripción detallada de los criterios adoptados para este efecto y un plano de zonificación de la amenaza a escala 1:2000 o mayor detalle.

- **Delimitación de zonas geotécnicamente homogéneas:** A partir de la integración de la información compilada y actualizada sobre los aspectos geológicos y geomorfológicos, la exploración de campo y del subsuelo, y los resultados de los ensayos de laboratorio, se deberán determinar las áreas que presenten comportamiento similar desde el punto de vista geotécnico, con su respectiva evaluación de estabilidad.

- **Aplicación de la metodología de la distancia de viaje (Runout):** Igualmente, es importante tener en cuenta que la caracterización de la amenaza por movimientos en masa debe contemplar la aplicación de la distancia de viaje a través de la aplicación de la metodología "Runout", debido a que es necesario determinar tanto las zonas que representan focos de alta probabilidad de generación de movimientos en masa, como su zona de propagación y depositación, para tener un estimativo del potencial destructivo de estos procesos.

- **Evaluación de la condición de amenaza por movimientos en masa con medidas de mitigación:** Los diseños de las obras propuestas deberán estar respaldados con la respectiva evaluación que demuestre que con el plan de obras de mitigación y/o protección propuestas, se logra satisfacer la Ecuación (1) para cada categoría geotécnica tanto en condiciones normales como extremas de solicitaciones sísmicas o hidrológicas.

- **Alcance:** Identificación de las causas y fuentes del riesgo, de la amenaza a nivel detallado se realizará empleando por lo menos métodos determinísticos y modelos matemáticos, en función de la dinámica de los movimientos en masa, con su respectiva validación de campo.

  Como parte de la evaluación de la amenaza, se debe tener en cuenta las causas de la inestabilidad del terreno, considerando dentro de los agentes detonantes los siguientes factores: agua, sismo y procesos antrópicos (cortes, excavaciones, rellenos y construcciones en general), mediante la evaluación mínima de tres escenarios. Además de las causas de inestabilidad del terreno, los tipos de movimientos o mecanismos de falla, la probabilidad de ocurrencia, la magnitud estimada. Igualmente, se deberá incluir una estimación de la posible área afectada e identificar los potenciales daños o afectaciones en dichas zonas, con un enfoque multi-amenazas, identificando las posibles amenazas consecutivas.

- **Productos:** Se deberá elaborar un documento o informe que contenga todas las evaluaciones e identificaciones de condiciones de riesgo realizadas, la descripción de la metodología empleada, las conclusiones y recomendaciones con las respectivas medidas de mitigación, diseños y presupuestos. Igualmente, para la evaluación geológica, geomorfológica, morfodinámica y geotécnica del área de identificación, se deben presentar los productos o insumos mínimos requeridos en el Acuerdo Metropolitano 09 de 2012 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Igualmente, se deben anexar a dicho informe los siguientes mapas temáticos, figuras y anexos, como mínimo:

- Gráfico de localización de la(s) zona(s) objeto de identificación en la (o las) UMI definidas como el ámbito para la elaboración de evaluación geológica de detalle.
- Mapa morfométrico, escala 1:2.000 para el área urbana y 1:5.000 para la zona rural.
- Mapa geológico regional empleando la Unidad Morfodinámica Independiente (UMI) y mapa geológico local a escalas 1:5.000 para la zona rural ó 1:2.000 para el área urbana (incluye perfiles y geología estructural).
- Mapa geomorfológico regional empleando la Unidad Morfodinámica Independiente (UMI) y local, a escalas 1:5.000 para la zona rural o 1: 2.000 para el área urbana.
- Mapa de procesos morfodinámicos del área objeto de identificación y empleo la Unidad Morfodinámica Independiente (UMI) a escalas 1:2.000 para el área urbana y 1:5.000 para la zona rural.
- Perfil (es) geológico (s) interpretativo que represente la (o las) UMI, donde se muestren las relaciones geológicas entre los diferentes materiales identificados.
- Mapa con localización de sondeos (perforaciones, apiques, trincheras, entre otros.). En este mismo plano se deben de localizar los sondeos evaluados de estudios realizados en el territorio anteriormente del año 2020, que sean de interés para el logro de los resultados.
- Evaluación estereográfica de los datos estructurales tomados en la UMI, siempre y cuando haya disponibilidad de afloramientos rocosos suficientes.
- Mapa del Uso actual del Suelo rural a escala 1:5.000 y urbano a escala 1:2.000 (POT).
- Mapa de zonas homogéneas (zonificación geotécnica).
- Perfiles de estabilidad de laderas.
- Mapa de zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:2.000 para el área urbana o 5.000 para el área rural, o mayor escala. Incluyendo la identificación de puntos o sectores críticos que deben ser intervenidos prioritariamente para disminuir la amenaza.
- Mapa con ubicación precisa (georreferenciada) de las obras de estabilización y/o mitigación propuestas.
- Plano con los diseños específicos de las obras de mitigación y/o protección propuestos.
- Cantidades de obras, valor unitario y valor total con los precios actuales del mercado en el momento que se desarrolle en la identificación y evaluación.
- Anexo que contenga la exploración del subsuelo con localización, registro de sondeos y ensayos de laboratorio.

- Anexo que incluya la caracterización geotécnica, especificando la metodología seleccionada incluyendo los parámetros.
- Anexo con las memorias de cálculo de la evaluación de estabilidad.
- Anexo con los diseños de las obras de mitigación y control.
- Mapa de aptitud geológica para el uso y ocupación del suelo de toda el área de planificación de cada Macroproyecto.
- La información geográfica en cada uno de sus componentes y escalas debe entregarse de una manera estructurada, de acuerdo con los estándares de la información geográfica del Departamento Administrativo de Planeación de la Alcaldía de Medellín. Esto aplica de igual manera a la cartografía de trabajo derivada de los procesamientos espaciales efectuados y que sea empleada en la construcción de los documentos y sus anexos.

5.3.2. Identificación detallada de la amenaza por inundación y avenidas torrenciales.

Se debe realizar la evaluación de la amenaza por inundaciones y avenidas torrenciales bajo las condiciones actuales y futuras para periodos de retorno de 2.33, 10, 50, 100 años y condiciones extremas relacionadas a una avenida torrencial de las quebradas o cuerpos de agua caracterizadas como zonas con condiciones de riesgo en el POT vigente. Según la iteración de la velocidad y la profundidad para los caudales máximos antes señalados. Donde se considere falla hidráulica del suelo de las márgenes, el cual es dominada por las fuerzas del flujo y resulta del cambio en el equilibrio entre el esfuerzo cortante y la velocidad del flujo y la resistencia del material.

5.3.2.1. Área de identificación:

Se refiere a las áreas con condiciones de riesgo y amenaza por inundación y avenidas torrenciales delimitadas en el Plan de Ordenamiento Territorial y articulado con el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Medellín y de aquellas cuencas que tengan planes aprobados. Se hace importante señalar que dadas las características del sector y las modificaciones que se ha realizado a partir de intervenciones antrópicas, se hace necesario evaluar la amenaza en los drenajes que se encuentran dentro del polígono de estudio.

5.3.2.2. Insumos:

La identificación detallada de amenaza debe incluir como insumos básicos mínimos, los siguientes:

- **Geología, geomorfología y morfodinámica:** Se debe realizar evaluación geológica, geomorfológica y morfodinámica de la zona objeto de identificación, teniendo en cuenta los lineamientos del Acuerdo Metropolitano 09 de 2012 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas de Inundación del IDEAM 2017, el componente geomorfológico de la ronda hídrica, el cual permite conocer la

amplitud de la amenaza, según la metodología de delimitación propuesta por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible del año 2018.

En cuanto a la geomorfología, se debe identificar las diferentes subunidades geomorfológicas asociadas a los paisajes aluviales, con especial énfasis en las geoformas correspondientes a la llanura de inundación. También se deberá hacer una evaluación multitemporal de divagación del cauce.

Para los casos donde el análisis considere transporte de sedimentos y posibles obstrucciones en el cauce, se debe realizar una caracterización del sedimento (teniendo en cuenta las variables relacionadas con la susceptibilidad de una cuenca a presentar este tipo de eventos), en los sitios previamente identificados en el área de análisis, buscando clasificar el grado del fracturamiento o el tamaño del sedimento que puedan aportar a la generación de caudales sólidos en el cauce.

- **Modelo de elevación digital de terreno:** Se hace necesario tener una línea base de las condiciones del terreno, referenciándolo a una fecha, ya que con este se puede identificar las modificaciones generadas por un evento de inundación o avenida torrencial y calibrar datos de rugosidad asociados a geomorfología.

  Para evaluar las avenidas torrenciales, es necesario encontrar las zonas de aportes de los sedimentos que favorecen la ocurrencia de las avenidas torrenciales, los cuales dependerán del mapa de susceptibilidad de presentar movimiento en masa, asociado a la ronda hidráulica de la corriente natural.

- **Geotecnia:** Este tipo de evaluación se debe realizar como insumo del diseño y construcción de las obras de mitigación y/o protección que se recomienden. Adicionalmente se debe tomar muestras de los sedimentos activos del cauce, caracterizando el material en las márgenes y en el lecho, a partir de una curva granulométrica considerando el conteo de sedimentos de Wolman.

- **Dinámica fluvial:** Se debe analizar desde el punto de vista geomorfológico y multitemporal, mediante la utilización de sensores remotos y reconocimiento de campo, las modificaciones que han sufrido las corrientes naturales o artificiales de agua, asociados a factores naturales o antrópicos, dada la importancia de estas en la generación de fenómenos desastrosos, en la planificación de las cuencas y en la construcción de las obras hidráulicas para la mitigación del riesgo.

- **Evaluación hidrológica e hidráulica de las corrientes de agua a considerar:** Esta evaluación debe realizarse acorde con los lineamientos del Acuerdo Metropolitano 09 de 2012 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas de Inundación del IDEAM 2017. En el caso de que la corriente de agua sea de características torrenciales (consultado en el POT vigente del Distrito o Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Aburrá - POMCA), la evaluación hidrológica de la cuenca debe orientarse al flujo torrencial, considerando el ciclo de sedimentos. Igualmente, dentro de la evaluación hidráulica del área a zonificar, se deben de tener en cuenta los factores detonantes como la precipitación o los movimientos en masa.

Se resalta que en el caso donde la mancha de inundación sea definida a partir de criterios geomorfológicos, se debe hacer una retro-evaluación, que defina el caudal extremo que generó dicho evento asociado a un periodo de retorno, incorporando una evaluación sedimentológica de las diferentes terrazas, en el caso de existir. Es importante señalar que dicha evaluación debe considerar la obtención de las variables hidráulicas: velocidad, profundidad, esfuerzo cortante, las cuales permitieron determinar las condiciones de amenaza de la zona de estudio y posibles procesos de socavación esperados en el los alineamientos de quebrada.

- **Levantamiento batimétrico y generación de secciones transversales de las quebradas:** Para el desarrollo de la evaluación hidráulica y para las obras de mitigación o protección que se proyecten asociadas a los cauces, se debe realizar el levantamiento batimétrico detallado del cauce para la generación de secciones transversales a usar en los modelos hidráulicos de los cuerpos de agua o tramos de quebradas que puedan representar una amenaza por inundación o avenida torrencial que sean objeto de identificación. Este levantamiento debe incluir las obras hidráulicas existentes y debe estar amarrado a la red geodésica de la ciudad, para lo cual se requiere el asesoramiento del Grupo de Geodesia del Municipio de Medellín.

  El levantamiento topográfico altiplanimétrico y el batimétrico asociado a este, se debe realizar con curvas de nivel a una escala compatible con las dimensiones del tramo de drenaje objeto de identificación. En general se pueden considerar escalas 1:1000 o 1:500, dependiendo de las dimensiones de la intervención y del nivel de detalle requerido. El levantamiento debe identificar construcciones existentes, vías, cursos de agua, afloramientos rocosos, estructuras hidráulicas como puentes, pontones, alcantarillas, escalones, presas de control, azudes, muros de contención, ductos, coberturas, entre otros. Adicionalmente, se deben identificar y cartografiar los procesos morfodinámicos presentes en las proximidades de los cauces.

  Sobre el cauce se deben levantar secciones transversales, perpendiculares a la dirección principal del flujo o eje del canal principal (de izquierda a derecha orientadas en el sentido del flujo de las quebradas), también debe realizarse el levantamiento del perfil altiplanimétrico del cauce de la quebrada y presentar los soportes en archivos .dwg de la planta (incluyendo la ubicación de cada sección transversal) y el perfil (secciones y perfil de la quebrada), haciendo énfasis principalmente en elementos geomorfológicos de los cauces, buscando detallar formas tales como: llanuras de inundación, cambios de pendiente, cambios de sección, meandros, perfil altiplanímetro de las corrientes, niveles de agua y obras antes mencionadas.

  El levantamiento del alineamiento de la corriente deberá contar con la identificación de la dimensión de las secciones, materiales de las secciones, pendiente, estado de los elementos estructurales (canales, tuberías, etc.), identificación de necesidades de reposición o mantenimiento de los elementos estructurales y televisación de coberturas hidráulicas de sección pequeña de la red.

- **Evaluación y modelación hidrológica para inundaciones y/o avenidas torrenciales:** Esta evaluación se debe realizar para zonificar la amenaza por inundación y/o avenida

torrencial de las corrientes naturales o artificiales de agua objeto de identificación. Se deben considerar los análisis hidrológicos de las cuencas, información hidrométrica, pluviométrica y de nivel disponibles entre otros realizados antes del año 2020, teniendo en cuenta la incidencia de los afluentes que hacen parte del sistema, a fin de modelar el tránsito de los diferentes caudales y/o crecientes en el modelo hidráulico; para lo cual se deberán aplicar modelos de reconocida validez y aceptación, considerando su variación por efecto del cambio climático en la cuenca.

- **Clima:** Esta información se debe considerar para la zonificación de la amenaza, para lo cual se deberá consultar aspectos tales como: series históricas de información climatológica de precipitación y de niveles de caudal; curvas de Intensidad - Frecuencia – Duración (IDF), construidas a partir de información de tormentas; histogramas de precipitaciones máximas (lluvias extremas), mínimas y medias; evapotranspiración y demás factores climáticos que se consideren pertinentes. Para la precipitación e intensidad se deben seleccionar las estaciones en la zona de identificación utilizando como referencia los polígonos de Thiessen.

- **Alcance:** La identificación y evaluación de la amenaza a nivel detallado se realizará teniendo en cuenta criterios históricos, geomorfológicos, hidrológico – hidráulicos empleando métodos asistidos por sensores remotos y sistemas de información geográfica.

  La identificación de las condiciones de riesgo se podrá realizar de manera independiente para cada quebrada o cuerpo de agua, dependiendo de las características del área de identificación.

  Como parte de la identificación y evaluación de amenaza, se deberá especificar, además de las posibles causas de inundación y/o avenidas torrenciales (natural y/o antrópica: lluvias, baja capacidad de las obras de drenaje; desvío de cauces; disposición de residuos en las quebradas, entre otras.): tipos de inundación, probabilidad de ocurrencia; altura estimada del nivel de agua velocidades de flujo y esfuerzos cortantes asociados a los caudales máximos. Igualmente, se deberá incluir una estimación de la posible área afectada e identificar los potenciales daños o afectaciones en dichas zonas, con un enfoque multi- amenazas, identificando las posibles amenazas consecutivas.

- **Productos:** Se deberá elaborar un documento técnico que contenga la descripción de la metodología empleada y todos los insumos básicos mínimos antes relacionados, además de los mapas de zonificación de la amenaza de detalle de inundaciones por desbordamiento y por avenidas torrenciales, los cuales delimitan y caracterizan los diferentes niveles de amenaza que presenta el área objeto de identificación y las conclusiones y recomendaciones con las respectivas medidas de mitigación o control que reduzcan el nivel de amenaza existente, con sus respectivos diseños y presupuestos. Igualmente, para la evaluación hidrológica e hidráulica del área de identificación, se deben incluir los productos o insumos mínimos requeridos en el Acuerdo Metropolitano 09 de 2012 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas de Inundación del IDEAM 2017. Igualmente, se deben anexar a dicho informe los siguientes mapas temáticos, figuras y anexos:

  - Gráfico de localización de la zona objeto de identificación.

- Mapa del uso actual del suelo rural a escala 1:5.000 y urbano a escala 1:2.000, según el POT vigente.
- Mapa de la red de drenaje de la cuenca donde se localiza la corriente natural de drenaje objeto de identificación, a escala 1:5.000 para el área rural y para el área urbana a escala 1:2.000.
- Mapa de profundidades del agua en los siguientes rangos: 0-0.5m, 0.5m-1.0m, 1.0m-2.0m, 2.0m – 4.0m y superiores a 4.0m, donde se resalte las estructuras asociadas al riesgo.
- Mapa de esfuerzo cortante a partir de los resultados del modelo hidráulico.
- Mapa de velocidades del flujo en tres rangos de velocidad, los cuales se definen a partir de los resultados del modelamiento.
- Mapa de manchas de inundación para diversos periodos de retorno (10, 50, 100 años y condiciones extremas), donde se resalte las estructuras asociadas al riesgo.
- Mapa de zonificación de la amenaza por inundación a escala 1:2.000 para el área urbana ó 5.000 para el área rural, o mayor escala. Incluyendo la identificación de puntos o sectores críticos que deben ser intervenidos prioritariamente para disminuir la amenaza.
- Mapa de zonificación de la amenaza por avenidas torrenciales a escala 1:2.000 para el área urbana ó 5.000 para el área rural, o mayor escala. Incluyendo la identificación de puntos o sectores críticos que deben ser intervenidos prioritariamente para disminuir la amenaza.
- Mapa con ubicación precisa (georreferenciada) de las obras de mitigación y/o protección propuestas.
- Planos con los diseños específicos de las obras de mitigación y/o protección.
- Cantidades de obras, valor unitario y valor total con los precios actuales del mercado en el momento que se desarrolle la identificación y evaluación.
- Anexo que contenga la exploración del subsuelo con localización, registro de sondeos y ensayos de laboratorio, cuando estos se requieran para el diseño de las obras de mitigación y/o protección.
- Anexo con memorias de cálculo de la evaluación hidrológica e hidráulica realizada.
- Anexo con diseños de las obras de mitigación y/o protección.
- Mapa de aptitud geológica para el uso y ocupación del suelo de toda el área de planificación de cada Macroproyecto incluyendo los resultados de la identificación y evaluación de la amenaza por inundación y avenidas torrenciales.

- La información geográfica en cada uno de sus componentes y escalas debe entregarse de una manera estructurada, de acuerdo con los estándares de la información geográfica del Departamento Administrativo de Planeación de la Alcaldía de Medellín. Esto aplica de igual manera a la cartografía de trabajo derivada de los procesamientos espaciales efectuados y que sea empleada en la construcción de los documentos y sus anexos.

5.3.3. Evaluación y zonificación de la vulnerabilidad por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales

Corresponde la identificación y evaluación de la susceptibilidad o fragilidad física que tienen los elementos expuestos ubicados en zonas de amenaza alta de ser afectados o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente.

La identificación y evaluación de la vulnerabilidad física de los elementos expuestos (población, viviendas, infraestructura, líneas vitales, entre otras.), frente a la magnitud máxima probable de la amenaza, determinará el grado o nivel de exposición ante los fenómenos amenazantes identificados (movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales). La vulnerabilidad se debe expresar de acuerdo con una escala cualitativa y/o cuantitativa, así: vulnerabilidad alta, media y baja.

El resultado de la identificación y evaluación de la vulnerabilidad física deberá ir acompañada de una descripción detallada de los criterios utilizados para establecer el grado de vulnerabilidad de los diferentes elementos expuestos en el área de identificación, frente a cada una de las amenazas evaluadas, incluyendo el inventario de las estructuras existentes.

5.3.4. Identificación y evaluación de la vulnerabilidad

Para la identificación y evaluación de la vulnerabilidad por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, de los elementos expuestos detallados a continuación, se debe utilizar una metodología de reconocida validez, demostrable y replicable para realizar seguimientos por parte del municipio de Medellín. Esta identificación y evaluación determinará el grado de exposición de los elementos expuestos, haciendo énfasis en los siguientes aspectos:

- De acuerdo con los resultados de la identificación y evaluación detallada de amenaza para cada fenómeno analizado, se debe de identificar y localizar en la cartografía correspondiente los elementos expuestos: líneas vitales (vías, acueducto, alcantarillado, gas, poliductos); equipamientos (acueductos veredales, equipamientos de salud, parques, plazas, plazoletas, servicios públicos, plantas de tratamiento, terminales de transporte, metro, metrocable, tranvía y prevención y atención de desastres); equipamientos básicos sociales y comunitarios (salud, recreación y deporte, culturales, comunitarios, fuerza pública – seguridad, almacenamiento y distribución del sector primario); elementos de soporte ciudadano (patrimonio); elementos de soporte económico (industria, comercio y servicios), viviendas y población expuesta.

- Se debe de establecer las características de los elementos expuestos a las amenazas identificadas, en cuanto a: tipo de elemento, grado de exposición, resistencia que ofrece el elemento y distribución espacial.

- Se deben identificar los diferentes tipos de daño o efecto esperado sobre los elementos expuestos que se pueden presentar como resultado del fenómeno natural.

- Esta información debe zonificarse en un mapa a la misma escala del mapa detallado de amenaza, categorizando la vulnerabilidad en alta, media y baja, de acuerdo a las características de los elementos expuestos.

5.3.5. Elaboración de fichas de identificación

Para la evaluación de la vulnerabilidad se deben elaborar fichas de identificación de cada uno de los predios o inmuebles seleccionados, que incluyan las características generales de las edificaciones, tales como: tipo de construcción, materiales, tiempo de construcción, estado de conservación. Adicionalmente, se deberá incluir como mínimo la identificación del propietario, poseedor y/o arrendatario y nomenclatura del predio.

Para efectos de intervenir integralmente la vulnerabilidad mediante la adopción de medidas de reducción estructural y no estructural del riesgo verdaderamente efectivas, es necesario identificar las posibles causas que generan la vulnerabilidad delos elementos expuestos en el área objeto de identificación.

El resultado de la identificación y evaluación de la vulnerabilidad deberá ir acompañada de una descripción detallada de los criterios utilizados para establecer el grado de vulnerabilidad, frente a cada una de las amenazas analizadas. Además de los documentos que se generen en desarrollo de este producto, esta evaluación debe presentarse como mínimo en un (1) plano de zonificación de la vulnerabilidad de los elementos expuestos ante las amenazas identificadas, a escala 1:2.000 o de mayor detalle para el área urbana y 1:5.000 o de mayor detalle para el área rural.

- **Alcance:** La identificación y evaluación de la vulnerabilidad física a nivel detallado se realizará empleando una metodología de reconocida validez, demostrable y replicable para realizar seguimientos por parte del municipio de Medellín.

- **Productos:** Se deberá elaborar un documento técnico que contenga la metodología empleada y todos los insumos básicos antes relacionados. Igualmente, se debe anexar a dicho informe el mapa de zonificación de la vulnerabilidad física a escala 1:2.000 para el área urbana y 1:5.000 para el área rural:

    - Gráfico de localización de la zona objeto de identificación.

    - Mapa del Uso actual del Suelo rural a escala 1:5.000 y urbano a escala 1:2.000, según el POT vigente.

    - Identificación de los criterios utilizados para establecer el grado de vulnerabilidad para los diferentes elementos expuestos en el área de identificación.

- Mapa de identificación y localización de los elementos expuestos, a escala 1:2.000 para el área urbana o 5.000 para el área rural.

- Presentación de las fichas de identificación para cada uno de los predios o inmuebles seleccionados, que incluyan las características generales de las edificaciones relacionados en el numeral 5.4.2 de este documento.
- Mapa de zonificación de vulnerabilidad de los elementos expuestos ante las amenazas identificadas, a escala 1:2.000 o de mayor detalle para el área urbana y 1:5.000 o de mayor detalle para el área rural.

5.3.6. Evaluación y zonificación del riesgo por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales

La evaluación del riesgo es el resultado de relacionar la zonificación detallada de la amenaza y la evaluación de la vulnerabilidad, y corresponde a la estimación cualitativa y cuantitativa de las posibles consecuencias físicas y económicas, representadas por las potenciales pérdidas de vidas humanas, daño a personas y/o propiedades e interrupción de actividades económicas, como consecuencia de la probable ocurrencia de movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, que se presenten en el área de identificación, en un periodo de tiempo determinado. Con base en ello, se categorizará el riesgo en bajo, medio y alto, en función del nivel de afectación esperada.

Para las zonas que se categoricen de alto riesgo se definirá su mitigabilidad o no, a partir de las alternativas de intervención física para reducir y evitar el incremento de la amenaza y/o vulnerabilidad.

Para estas alternativas se deberá evaluar su viabilidad de ejecución desde el punto de vista técnico, financiero y urbanístico. Bajo estas evaluaciones se obtendrá la definición del riesgo alto mitigable o riesgo alto no mitigable.

5.3.7. Contenidos para la evaluación y zonificación del riesgo

La identificación y evaluación de la zonificación del riesgo debe contener la siguiente información por cada fenómeno:

- Identificación, evaluación, determinación y zonificación del grado o nivel de riesgo (bajo, medio y alto), y si este último es mitigable y no mitigable como producto de la evaluación de la amenaza y vulnerabilidad previamente descritas.

- Determinación de las áreas donde por su nivel de riesgo (bajo, medio o alto mitigable) es posible conservar los desarrollos urbanísticos existentes. En las áreas o sectores donde la evaluación del riesgo las clasifique como mitigables y se pretendan desarrollar proyectos urbanísticos para programas de reasentamiento in-situ, se deben incluir las recomendaciones de diseño y construcción para no generar nuevas situaciones de riesgo, así como la descripción de medidas no estructurales que contribuyan a la disminución del riesgo por acciones antrópicas.

- Delimitación de las zonas que deben ser objeto de reasentamiento por estar localizadas en zonas de alto riesgo no mitigable.

- Localización cartográfica de las zonas clasificadas de riesgo bajo, medio y alto, y si este último es mitigable y no mitigable. La información mínima para la categorización del riesgo que se debe plasmar en cartografía es la siguiente:

  - Zonas de alto riesgo no mitigable: Corresponden a aquellas áreas de alto riesgo donde la implementación de medidas de mitigación estructural resultan de mayor complejidad y costo técnico-económico que llevar a cabo el reasentamiento de la población y equipamiento urbano respectivo.

  - Zonas de alto riesgo mitigable: Son aquellas áreas en las cuales el fenómeno es controlable a través de la implementación de obras de mitigación y/o protección (medidas estructurales y/o no estructurales), cuyas consecuencias de tipo económico, ambiental, financiero y social traen consigo un costo razonable y no se hace necesario el reasentamiento de la población.

  - Zonas de riesgo medio: En las cuales los procesos de inestabilidad o cualquier otro fenómeno pueden ser controlados con medidas de mitigación menores, que garanticen la seguridad de las edificaciones ubicadas en el área de influencia de los fenómenos.
  - Zonas de riesgo bajo: Áreas donde sólo se requieren medidas mínimas de prevención y/o de control de la amenaza y vulnerabilidad.

  - **Alcance:** La identificación y evaluación del riesgo a nivel detallado deberá considerar la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad, y se realizará empleando metodologías cuantitativas publicadas y conocidas en el medio académico, de reconocida validez, demostrables y replicables para realizar seguimientos por parte del municipio de Medellín.

  - **Productos:** La identificación de riesgo de detalle por los fenómenos amenazantes antes relacionados deberá contener como mínimo los siguientes insumos:

    - Documento técnico que describa la metodología de evaluación empleada y los resultados.

    - Fichas de evaluación de vulnerabilidad.

    - Mapas de vulnerabilidad categorizada en alta, media y baja, por cada fenómeno analizado.

    - Mapas de riesgo por cada fenómeno analizado, categorizado en bajo, medio y alto, señalando para el riesgo alto si es mitigable o no mitigable.

    - Inventario de edificaciones, líneas e infraestructura vital, viviendas, unidades económicas, equipamientos, hogares y actividades económicas, para las áreas que se clasifiquen de alto riesgo no mitigable.

- Mapa de aptitud geológica para el uso y ocupación del suelo de toda el área de planificación de cada Macroproyecto incluyendo los resultados de la identificación y evaluación de la amenaza por inundación y avenidas torrenciales. La aptitud geológica se construirá a partir de la evaluación de la información secundaria disponible y de los resultados de los estudios de identificación de detalle.

- La información geográfica en cada uno de sus componentes y escalas debe entregarse de una manera estructurada, de acuerdo con los estándares de la información geográfica del Departamento Administrativo de Planeación de la Alcaldía de Medellín. Esto aplica de igual manera a la cartografía de trabajo derivada de los procesamientos espaciales efectuados y que sea empleada en la construcción de los documentos y sus anexos.

5.3.8. Medidas de intervención

En este aparte serán precisadas y analizadas las medidas estructurales y no estructurales para la prevención, mitigación del riesgo y/o reducción de la amenaza y/o vulnerabilidad que deben ser planteadas en la identificación de las condiciones de riesgo. Estas medidas deben estar asociadas a cada uno de los fenómenos amenazantes identificados, de tal manera se garantice la estabilidad, habitabilidad y funcionalidad de las construcciones existentes o las proyectadas, teniendo en cuenta que las medidas propuestas sean las más favorables en términos técnicos, financieros y urbanísticos para su ejecución. La identificación de riesgo de detalle deberá plantear medidas que podrán ser estructurales y no estructurales.

- Las medidas estructurales, son medidas físicas encaminadas a la realización de acciones y obras para atender las condiciones de riesgo ya existentes o potenciales. Entre otras, se consideran las siguientes: obras de estabilización y de reforzamiento de edificaciones e infraestructura, las cuales deben ser pre- dimensionadas sobre la cartografía a nivel de pre-diseño. Se deberá presentar además, el presupuesto de todas las medidas estructurales recomendadas, donde se discrimine cantidades y valores unitarios.

- En la determinación de este tipo de medidas para inundaciones por desbordamiento y/o avenidas torrenciales, se deben de considerar los potenciales efectos que producirán aguas abajo.

- En las zonas donde se defina que el riesgo es alto y no mitigable, se deben de identificar en detalle las viviendas y construcciones que deben ser objeto de reasentamiento, además de las obras de estabilización necesarias para evitar que aumente la influencia de los fenómenos estudiados.

- Las medidas no estructurales, están orientadas a regular el uso, la ocupación y el aprovechamiento del suelo mediante la determinación de normas urbanísticas, proyectos para la implementación de sistemas de alertas tempranas (monitoreo de amenazas) en los casos que aplique, así como la socialización y apropiación cultural de los principios de responsabilidad y precaución.

Para las obras de prevención, mitigación del riesgo y/o reducción de la amenaza y/o vulnerabilidad, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Planos de localización de las medidas de intervención propuestas, con sus respectivos diseños.
- Definir las especificaciones técnicas de construcción, las cantidades de obra y el presupuesto detallado de las alternativas planteadas.
- Condiciones y recomendaciones particulares de construcción. Contempla las especificaciones técnicas o normas de construcción existentes que deban cumplirse en su ejecución y las etapas en que se deben adelantar
- Si dentro de las alternativas de mitigación se involucra el uso de predios que no son propiedad del municipio, se debe tener en cuenta el valor comercial de los mismos para el análisis costo/beneficio.
- Plan de seguimiento y mantenimiento: Durante el periodo de construcción y en la vida útil de las obras, se debe hacer seguimiento de las mismas que como mínimo, incluya:
- Acompañamiento por parte del ingeniero diseñador de las medidas estructurales para la verificación de su efectividad, a través de la revisión de controles topográficos y monitoreo.
- Verificación del cumplimiento de las medidas diseñadas para la mitigación y/o reducción del riesgo por parte de la Supervisión.
- Mantenimiento (sostenibilidad) de las obras de mitigación recomendadas.

- Adicionalmente, si la alternativa más favorable contempla el reasentamiento de familias, se deberá definir el nivel de prioridad de reasentamiento.

- Plan de Monitoreo: Verificar la estabilidad y adecuado comportamiento de las obras de mitigación y/o protección recomendadas, mediante su monitoreo topográfico y/o geotécnico, durante y después de su construcción.

6. PROFESIONALES

La identificación de las condiciones de riesgo técnicos aquí relacionados deben ser elaborados y firmados por profesionales idóneos en las materias, quienes son responsables de los mismos sin perjuicio de la responsabilidad por la correcta ejecución de los diseños y las obras de mitigación.

Los profesionales que realicen la identificación de las condiciones de riesgo geológicos y geomorfológicos deben tener título profesional en geología o ingeniería geológica, con experiencia profesional mínima de seis (6) años en el ejercicio de la profesión, contados a partir de la fecha de expedición de la matrícula profesional y una experiencia especifica en el desarrollo de estudios geológicos y geomorfológicos para la zonificación geológica o geotécnica, o la zonificación de amenazas naturales de una zona en particular.

Los profesionales que realicen la identificación de las condiciones de riesgo en competencia geotécnica, deben tener título profesional en ingeniería civil, geología o ingeniería geológica, con experiencia profesional mínima de seis (6) años contados a partir de la fecha de expedición de la matricula profesional, con especialización o maestría en geotecnia o mecánica de suelos y/o cimentaciones, con experiencia específica mínima de cuatro (4) años, a partir de la fecha de

expedición del acta de grado de la especialización o maestría, en estudios geotécnicos con énfasis en estabilidad de laderas o taludes, orientados a zonificar geotécnicamente un territorio o estudios de evaluación y zonificación de amenazas.

Los profesionales que realicen la identificación de las condiciones de riesgo de competencia hidrológicos e hidráulicos, deben de tener título profesional en ingeniería civil o ingeniero ambiental o sanitario equivalente, con experiencia profesional mínima de seis (6) años, contados a partir de la fecha de expedición de la matricula profesional y estudios de posgrado o maestría en recursos hídricos o afines (hidrología o hidráulica), con experiencia específica mínima de cuatro (4) años en estudios hidrológicos y modelamiento hidráulico, a partir de la fecha de expedición del acta de grado de la especialización o maestría.

Los profesionales que realicen la evaluación, caracterización y cuantificación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo, deben tener título profesional en ingeniería civil, geología o ingeniería geológica, con experiencia profesional mínima de cinco (5) años y especialización en geotecnia o evaluación de riesgos, con experiencia específica en evaluación de riesgos geológicos o hidrológicos mínima de tres (3) años.

Los profesionales que realicen los diseños de las obras de mitigación deben tener título profesional en ingeniería civil, con experiencia profesional mínima de seis (6) años, contados a partir de la fecha de expedición de la matricula profesional y especialización o maestría en estructuras, con experiencia especifica mínima de cuatro (4) años, en procesos relacionados con el diseño de obras de infraestructura y de mitigación del riesgo.

Los profesionales que realicen la elaboración de las fichas de identificación, para la evaluación de la vulnerabilidad física y el inventario de viviendas en zonas de alto riesgo no mitigables, deben tener título profesional en ingeniería civil, con experiencia profesional mínima de dos (2) años, contados a partir de la expedición de la matricula profesional.

7. METODOLOGÍA DE TRABAJO Y ALCANCE – ESTUDIO HIDROGEOLOGICO

Se debe realizar una caracterización hidrogeológica con el fin de diagnosticar el origen y dirección del agua subterránea que aflora en el Barrio Santa Inés entre las Calles 80 y 82 y entre las Carreras 32 y 36C, en el Distrito de Medellín, y proponer las medidas de manejo necesarias para desviar o captar los flujos que se direccionan hacia las viviendas asentadas en la zona (Figura 3).

- **Alcance:**

- Revisión y búsqueda de toda la información disponible para la zona.
- Toma de parámetros fisicoquímicos en la zona y en la ladera oriental.
- Toma de muestras hidroquímicas e isotópicas en la zona y en la ladera oriental.
- Aforos en los afloramientos y aforos diferenciales de diferentes puntos en drenajes superficiales aferentes a la zona.
- Realización de 3 apiques.
- Estimación de recarga en la zona para apoyar el balance de agua.
- Verificación del cambio multitemporal en las coberturas de suelo y drenajes.
- Realización de tomografías y GPR.

- Construcción de modelo hidrogeológico local de la zona.
- Emisión de concepto técnico y definición de medidas de manejo y recomendaciones.

- **Metodología general:**

A continuación se detallan las actividades que deben componer el estudio y la metodología que se debe emplear:

Tabla 5. Metodología de trabajo

Actividad	Descripción
1. Revisión de información	Revisar toda la información correspondiente a la geología e información base y cartografía de estudio previos, y demás estudios regionales de la zona, para tener la base sobre la que levantará la información primaria para tener un mejor detalle de la zona.
2. Estimación de la recarga potencial por precipitación	Se estimará una zona que abarque la zona de estudio y la parte alta, para identificar la cantidad de agua lluvia que se infiltra en diferentes épocas y poder definir, cuáles son las zonas por donde se infiltra el agua que llega hasta el barrio y aflora como nacimientos.
3. Monitoreo, aforos muestreos, y apiques	Se deben tomar iones mayoritarios en al menos 8 puntos de agua subterránea y deuterio y oxigeno 18 en al menos 10 puntos, adicionando dos puntos de agua lluvia, todos estos dentro en la zona afectada y la ladera alta, para poder identificar las líneas de flujo, la procedencia del agua e identificar la altura a la cual se recarga el agua que aflora en las viviendas. Para el muestreo isotópico primero se instalarán dos totalizadores de agua lluvia y luego se muestrea este y el resto de puntos. Se deberán hacer aforos en los afloramientos y en las corrientes superficiales de aforos diferenciales, para hacer un balance e identificar posibles puntos de infiltración en la ladera. Plantear la ejecución de apiques para ayudar en la definición de las medidas de manejo, alguno de estos podrá usarse para muestrear agua y para interpretar las tomografías.
4. Cambio multitemporal en las coberturas de suelo y drenajes.	Con la información disponible en fotos aéreas e imágenes satelitales, se deberá hacer un análisis multitemporal de cambio de coberturas para ver la incidencia en los drenajes tapados.
5.Perdidas en tanque EPM	En caso de que EPM suministre información y permita la toma de datos en campo, se investigarán posibles filtraciones desde el tanque de EPM hacia la zona de interés.
6. Geoeléctrica y GPR	Mediante la realización de 3 tomografías eléctricas con profundidad de 70 m en la zona de afloramientos y una prospección geofísica con Radar de Penetración Terrestre (GPR) compatible con el dron DJI Matrice 350 RTK, equipo diseñado para la recolección avanzada de datos subsuperficiales, se complementará el conocimiento de la saturación del terreno para definir líneas de flujo.
7. Construcción de modelo hidrogeológico	Se deberá construir el modelo hidrogeológico de la zona para poder identificar el origen del agua, las unidades que almacenan y conducen esta y las direcciones de flujo en el barrio de interés.

- Productos: La identificación de riesgo de detalle por los fenómenos amenazantes antes relacionados deberá contener como mínimo los siguientes insumos:

  - Revisión y búsqueda de toda la información disponible para la zona.
  - Toma de parámetros fisicoquímicos en la zona y en la ladera oriental.
  - Toma de muestras hidroquímicas e isotópicas y en la ladera oriental.
  - Aforos en los afloramientos y aforos diferenciales de diferentes puntos en drenajes superficiales aferentes a la zona.
  - Realización de 3 apiques
  - Estimación de recarga en la zona para apoyar el balance de agua.
  - Verificación del cambio multitemporal en las coberturas de suelo y drenajes.
  - Realización de tomografías y GPR.
  - Construcción de modelo hidrogeológico local de la zona.
  - Emisión de concepto técnico y definición de medidas de manejo y recomendaciones.

- **Confidencialidad:**

Toda la información generada en las actividades contratadas será propiedad exclusiva del CONTRATANTE y por lo tanto el contratista seleccionado se compromete a mantener reserva y confidencialidad sobre la misma, manifestando que no están autorizados para difundir los resultados, ni para emitir juicios o conceptos sobre ellos, a menos que el CONTRATANTE, mediante comunicación escrita, delegue una autorización expresa para hacerlo.

8. METODOLOGÍA DE TRABAJO Y ALCANCE – DIAGNOSTICO TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

Se debe realizar el diagnóstico estructural, hidráulico, geotécnico y ambiental, así como la formulación de recomendaciones correctivas o de clausura para el tanque de almacenamiento de agua que forma parte del sistema de distribución local en la carrera 38 # 110C -38 del Barrio Santo Domingo, y la red de alcantarillado que presenta fallas activas y afecta el talud y viviendas colindantes.

- **Alcance:**

El alcance del diagnóstico comprende todas las actividades necesarias para llevar a cabo un concepto técnico detallado y emitir recomendaciones claras, justificadas y viables desde el punto de vista técnico, normativo y social. El contratista deberá considerar, como mínimo, los siguientes aspectos:

- Diagnóstico del Tanque de Almacenamiento de Agua:

a) Inspección estructural:

Evaluación del estado físico del tanque: fisuras, corrosión, deformaciones, asentamientos diferenciales, deterioro del concreto y estado de los elementos metálicos.

Inspección del recubrimiento interno y externo, incluyendo impermeabilización, pintura protectora y señales de desgaste.

b) Revisión de redes hidráulicas:

Verificación del estado y funcionalidad de tuberías de ingreso y salida, válvulas, conexiones y sistemas de control.

Identificación de fugas, obstrucciones, presiones anómalas o cualquier condición que afecte el funcionamiento hidráulico.

c) Evaluación del entorno inmediato:

Análisis de accesibilidad, condiciones de seguridad física, drenaje superficial, presencia de factores externos de riesgo (vandalismo, animales).

Cumplimiento de normativas sanitarias y de seguridad aplicables.

- Diagnóstico de la Red de Alcantarillado:

d) Estado de infraestructura sanitaria:

Identificación de roturas, fisuras, asentamientos, obstrucciones y pérdida de estanqueidad en tramos de tubería.

Determinación del origen de las fugas que afectan el entorno del talud.

b) Evaluación geotécnica del talud:

Análisis del grado de saturación, erosión, deslizamientos o deformaciones en el terreno afectado por el vertido de aguas.

Estudio preliminar de estabilidad del talud.

c) Impacto en edificaciones:

Evaluación visual del estado estructural de viviendas ubicadas en la base del talud.

Identificación de grietas, desplazamientos o asentamientos que pongan en riesgo a la población.

RECOMENDACIONES:

El consultor deberá formular un conjunto de recomendaciones estructuradas y justificadas que incluyan:

Para el tanque de almacenamiento de agua:

- Propuesta de intervenciones específicas (refuerzos estructurales, sellado de fisuras, mejora de recubrimientos, rehabilitación de válvulas y tuberías).

- En caso de deterioro grave, recomendación de clausura técnica, incluyendo: Vaciado seguro del tanque, desconexión de redes hidráulicas, señalización y demolición parcial o total (si corresponde), disposición final de los residuos generados.

Para la red de alcantarillado:

- Propuesta de obras civiles de estabilización del talud: diseño de muros de contención u obras de estabilización, zanjas de coronación, drenaje subterráneo, revegetalización, entre otras.

- En caso de inviabilidad técnica, propuesta de clausura controlada de la red, incluyendo: Plan de cierre, desconexión hidráulica, notificación y gestión ante entidades reguladoras.

9. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Estas especificaciones técnicas fueron elaboradas a partir de la consulta y análisis de los siguientes documentos:

- Decreto Número 1807 de 19 de septiembre de 2014 “Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones”.

- Acuerdo Metropolitano 09 del 25 de mayo 2012, por medio del cual se definen los “lineamientos metropolitanos para la elaboración de los estudios geológicos, geomorfológicos, hidráulicos, hidrológicos y geotécnicos y se dictan otras disposiciones para la prevención del riesgo en construcciones en laderas”

- Términos de referencia – Crédito BIRF 7293-CO – MVCT- Dirección de Espacio Urbano y Territorial - DEUT.

- Resolución N° 227 del 13 de julio de 2006 “Por el cual se adoptan los términos de referencia para la ejecución de estudios detallados de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa para proyectos urbanísticos y de construcción de edificaciones en Bogotá D.C.”.