

DECRETO No. 1626 de 2015

(Octubre 7)

“Por medio del cual se reglamenta el procedimiento para las correcciones y precisiones de la cartografía oficial del Plan de Ordenamiento Territorial –POT-, la incorporación cartográfica de los resultados de los estudios de detalle y se asigna una función.”

EL ALCALDE DE MEDELLÍN

CONSIDERANDO QUE

De conformidad con el artículo 315, numeral 3 de la Constitución Política, el artículo 91 numeral 6 de la Ley 136 de 1994, modificado por el artículo 29 de la Ley 1551 de 2012, la Ley 1523 de 2012, el artículo 12 de la Ley 388 de 1997, adicionado por el artículo 190 del Decreto Ley 019 de 2012, el Decreto Nacional 1807 de 2014, el artículo 54 del Acuerdo Municipal 48 de 2014 y,

1. El artículo 1 de la Ley 1523 de 2012 concibe la gestión del riesgo como “*(...) un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad,*

el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.” En consecuencia, la misma ley, artículo 2, establece que es responsabilidad de todas las autoridades y habitantes del territorio desarrollar y ejecutar procesos de gestión del riesgo, entre los cuales se encuentran aquellos que permiten mejorar los niveles de conocimiento y reducción del riesgo y dar cumplimiento al **principio de oportuna información**, en virtud del cual “(...) es obligación de las autoridades del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, mantener debidamente informadas a todas las personas naturales y jurídicas sobre: Posibilidades de riesgo, gestión de desastres, acciones de rehabilitación y construcción así como también sobre las donaciones recibidas, las donaciones administradas y las donaciones entregadas”.

2. El artículo 12 de la Ley 388 de 1997, adicionado por el artículo 190 del Decreto Ley 019 de 2012, estableció en el parágrafo 3: “Cuando existan inconsistencias entre lo señalado en el acuerdo que adopta el plan de ordenamiento territorial y su cartografía oficial, prevalecerá lo establecido en el texto del acuerdo y corresponderá al alcalde municipal o distrital, o la entidad delegada para el efecto, corregir las inconsistencias cartográficas, siempre que no impliquen modificación al articulado del Plan de Ordenamiento Territorial.

En el acto administrativo que realice la precisión cartográfica se definirán, con fundamento en las disposiciones del Plan de Ordenamiento Territorial y sus reglamentaciones, las normas urbanísticas aplicables al área objeto de la precisión. Una vez expedido el acto administrativo, el mismo deberá ser registrado en todos los planos de la cartografía oficial del correspondiente plan y sus instrumentos reglamentarios y complementarios. Esta disposición también será aplicable para precisar la cartografía oficial cuando los estudios de detalle permitan determinar con mayor exactitud las condiciones jurídicas, físicas, geológicas y morfológicas de los terrenos.

3. El Decreto Nacional 1807 de 2014, por medio del 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, estableció en su artículo 4, que los estudios detallados están orientados a determinar la categorización del riesgo y establecer las medidas de mitigación correspondientes. En este sentido, el título II del Decreto en mención, regula las condiciones técnicas para la elaboración de dichos estudios y en su artículo 21, establece que con base en los resultados de los estudios detallados y mediante acto administrativo, el alcalde municipal o distrital o la dependencia delegada para el efecto, podrá realizar la precisión cartográfica y la definición de las normas urbanísticas a que haya lugar, en el área objeto de estudio, de conformidad con lo previsto en el Plan de Ordenamiento Territorial, la cual deberá registrarse en todos los planos de la cartografía oficial.

4. El Acuerdo 48 de 2014, por medio del cual se adopta la revisión y ajuste de largo plazo del Plan de Ordenamiento Territorial de Medellín y se dictan otras disposiciones, estableció en el parágrafo del artículo 54: “La Administración Municipal expedirá la reglamentación que establezca las especificaciones técnicas para los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de detalle, así como el procedimiento para la incorporación de los resultados de dichos estudios en la cartografía oficial del Plan. Dicha reglamentación deberá incorporar lo establecido en el presente Acuerdo, en el Decreto Ley 019 de 2.012 y en el Decreto Nacional 1807 de 2.014 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio o las normas que los modifiquen o sustituyan.”
5. Con respecto a las zonas de amenaza media contigua a zonas de amenaza alta, cuya clasificación no corresponde a estudios de amenaza de detalle, de acuerdo con el Mapa de zonificación geológica – geotécnica y de estabilidad de laderas o de amenaza por movimientos en masa del documento técnico de soporte del Acuerdo 48 de 2014, es necesario dar aplicación al principio de precaución, establecido en la Ley 99 de 1993, en virtud del cual, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente.
6. El citado Acuerdo estableció en el parágrafo 4, del artículo 26 que “Dentro del corto plazo definido en el presente Acuerdo, la Administración Municipal ajustará el protocolo para la actualización de la red hídrica del municipio de Medellín y sus retiros y nacimientos, con el fin de construir el insumo técnico para su incorporación al Plan de Ordenamiento Territorial a través del procedimiento establecido en la normativa nacional vigente. Esta disposición aplicará también para la incorporación de las rondas y retiros que establezcan las autoridades ambientales en aplicación de lo establecido por el Artículo 206 de la Ley 1450 de 2.011 o la norma que haga sus veces.”
7. En consecuencia, se hace necesario reglamentar el procedimiento para las correcciones y precisiones de la cartografía oficial del Plan de Ordenamiento Territorial –POT-, así como la incorporación en la cartografía oficial del POT de los resultados de los estudios de detalle, asignándole la función respectiva, al Director del Departamento Administrativo de Planeación.

En mérito de lo expuesto,

DECRETA:

ARTÍCULO PRIMERO – Objeto. Reglamentar el procedimiento para las correcciones y precisiones de la cartografía oficial del Plan de Ordenamiento Territorial –POT- y la incorporación de los resultados de los estudios de detalle de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales; así como los resultados de los estudios hidrológicos, hidráulicos,

hidrogeológicos o geomorfológicos de detalle en el Municipio de Medellín; definiendo las especificaciones técnicas para su elaboración y las medidas de intervención, de acuerdo con lo establecido en la normativa nacional vigente y en el Acuerdo 48 de 2014 por medio del cual se adopta la revisión y ajuste de largo plazo del Plan de Ordenamiento Territorial de Medellín y se dictan otras disposiciones.

ARTÍCULO SEGUNDO – Correcciones y precisiones en la Cartografía Oficial del POT. Asignar al Director del Departamento Administrativo de Planeación la función de corregir las inconsistencias y realizar las precisiones cartográficas relativas a la incorporación de los resultados de los estudios detallados, siempre que no impliquen modificación al articulado del Plan de Ordenamiento Territorial, de conformidad con lo establecido en el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012, el parágrafo 1 del artículo 616 del Acuerdo 48 de 2014, o las normas que los adicionen, modifiquen o sustituyan.

ARTÍCULO TERCERO – Procedimiento para la corrección de inconsistencias gráficas: Cuando exista una inconsistencia entre lo señalado en el Acuerdo que adopta el Plan de Ordenamiento Territorial y su cartografía oficial, prevalecerá lo establecido en el texto del Acuerdo, el cual no podrá modificarse. En estos casos, se corregirá la inconsistencia a partir del siguiente procedimiento:

- 1. Elaboración de informe técnico:** La Subdirección de Planeación Territorial y Estratégica de Ciudad del Departamento Administrativo de Planeación, elaborará un concepto técnico que dé cuenta de la inconsistencia entre la cartografía, con respecto a lo aprobado en el Acuerdo que adopta el Plan de Ordenamiento Territorial.
- 2. Análisis comparativo y elaboración de mapas.** La Subdirección de Información del Departamento Administrativo de Planeación, realizará el análisis comparativo de la cartografía oficial protocolizada con el Plan de Ordenamiento Territorial y lo dispuesto en el Acuerdo y elaborará el o los mapas, que contengan la corrección cartográfica.
- 3. Expedición del acto administrativo.** Con base en el informe técnico y el análisis comparativo, el Director del Departamento Administrativo de Planeación expedirá el acto administrativo con el cual se corregirá la inconsistencia gráfica y se ordenará su incorporación en la cartografía oficial. En el acto administrativo, se definirán las normas urbanísticas aplicables al área objeto de la corrección, con fundamento en las disposiciones del Plan de Ordenamiento Territorial y sus normas complementarias
- 4. Publicación y divulgación.** El acto administrativo y sus anexos, será publicado en la Gaceta Oficial del Municipio de Medellín, e incorporado en todos los planos de la cartografía oficial del Plan y sus instrumentos reglamentarios y complementarios. El mismo se divulgará, a través de los sistemas técnicos de información municipales y se enviará copia al

archivo del Concejo Municipal y a las curadurías urbanas de la Ciudad para efectos de su aplicación.

ARTÍCULO CUARTO. Procedimiento para las precisiones cartográficas derivadas de los resultados de los estudios de detalle de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. Cuando existan estudios de detalle que permitan determinar con mayor exactitud las condiciones jurídicas, geológicas, morfológicas, hidrogeológicas, hidráulicas, hidrológicas, hidrogeológicas y geomorfológicas de los terrenos, se precisará la cartografía oficial, con base en el siguiente procedimiento:

- I. Precisiones fundamentadas en estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de detalle en las áreas de amenaza alta y con condiciones de riesgo:**
 - 1. Realización de los estudios de detalle:** De conformidad con lo establecido en el Decreto Nacional 1807 de 2014, en el artículo 54 y en el Programa de Ejecución del Acuerdo 48 de 2014, las áreas de amenaza alta y con condiciones de riesgo que hagan parte del suelo de protección, deberán ser objeto de estudios de detalle de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, aplicando la metodología y especificaciones técnicas del anexo del presente Decreto. Estos estudios deberán ser presentados con una carta de responsabilidad técnica, por parte de la empresa consultora o profesional que realizó la evaluación y cuantificación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
 - 2. Revisión de los estudios:** El estudio será evaluado conjuntamente por el Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres -DAGR-, la Subsecretaría de Recursos Renovables de la Secretaría del Medio Ambiente y el Departamento Administrativo de Planeación -DAP-; quienes expedirán un informe de evaluación, en el que podrán solicitar aclaraciones, correcciones o ampliaciones.
 - 3. Validación de los estudios:** Una vez presentadas las aclaraciones, correcciones o ampliaciones, si es del caso, el Director del Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres -DAGR-, procederá a expedir el concepto de viabilidad para la incorporación de los resultados en la cartografía oficial.
 - 4. Análisis comparativo y elaboración de mapas:** Con base en el concepto de viabilidad del numeral anterior, la Subdirección de Información del Departamento Administrativo de Planeación, realizará el análisis comparativo de la cartografía oficial protocolizada con el Plan de Ordenamiento Territorial y los resultados del estudio de detalle y elaborará el o los mapas, que contengan la precisión cartográfica.

5. **Expedición del acto administrativo e incorporación de los resultados:** Una vez surtidas las fases anteriores, el Director del Departamento Administrativo de Planeación, expedirá el acto administrativo con el cual se precisará la cartografía oficial, incorporando los resultados de los estudios. En el acto administrativo, se definirán, con fundamento en el Plan de Ordenamiento Territorial y sus disposiciones complementarias, las normas urbanísticas aplicables al área objeto de la precisión.
 6. **Publicación y divulgación.** El acto administrativo y sus anexos, será publicado en la Gaceta Oficial del Municipio de Medellín, e incorporado en todos los planos de la cartografía oficial del Plan y sus instrumentos reglamentarios y complementarios. El mismo se divulgará, a través de los sistemas técnicos de información municipales y se enviará copia al archivo del Concejo Municipal y a las curadurías urbanas de la Ciudad, para efectos de su aplicación.
- II. Precisiones fundamentadas en estudios hidrológicos, hidráulicos, hidrogeológicos o geomorfológicos de detalle.** Cuando existan estudios de detalle que permitan determinar con mayor exactitud las condiciones jurídicas, hidrogeológicas, hidráulicas, hidrológicas, hidrogeológicas y geomorfológicas de los terrenos, se precisará la cartografía oficial, siempre y cuando se trate de alguna de las siguientes situaciones:
1. **Inconsistencia por desplazamiento en la Cartografía:** Con fundamento en un informe de verificación en campo, elaborado por la Secretaría de Medio Ambiente y el Departamento Administrativo de Planeación, en el que se establezca que existe una inconsistencia o imprecisión en la cartografía oficial del Plan de Ordenamiento Territorial, con respecto al elemento hídrico y sus retiros; consistente en un desplazamiento en la cartografía del Plan debido a la escala, al sistema de información y/o la fuente que sirvió de base para elaborar la cartografía, se aplicará el procedimiento descrito en el artículo tercero del presente Decreto, para la corrección de inconsistencias gráficas.
 2. Realización de obras civiles o intervenciones antrópicas, a partir de las cuales se haya desviado el alineamiento del cuerpo de agua.
 3. Existencia de cuerpos de agua y otros elementos del sistema hidrográfico, no identificados en la cartografía oficial del POT.
 4. Inexistencia de cuerpos de agua y otros elementos del sistema hidrográfico, delimitados en la Cartografía Oficial.

Para el caso de los numerales 2, 3 y 4, la precisión cartográfica se efectuará con base en el siguiente procedimiento:

1. **Realización de los estudios de detalle:** Para las precisiones cartográficas en los eventos descritos en los numerales 2, 3 y 4, se deberá contar con los estudios hidrológicos, hidráulicos, hidrogeológicos o geomorfológicos de detalle, según el caso. Estos deberán ser presentados con una carta de responsabilidad técnica, por parte de la empresa consultora o profesional que los realizó.
2. **Revisión de los estudios:** El estudio será evaluado conjuntamente por el Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres -DAGRD-, la Subsecretaría de Recursos Renovables de la Secretaría del Medio Ambiente y el Departamento Administrativo de Planeación -DAP-; quienes expedirán un informe de evaluación del estudio, en el que podrán solicitar aclaraciones, correcciones o ampliaciones.
3. **Validación de los estudios:** Una vez presentadas las aclaraciones, correcciones o ampliaciones, si es del caso, el Director del Departamento Administrativo de Planeación, remitirá los estudios con su evaluación, a la Autoridad Ambiental competente para la respectiva validación.
4. **Ánálisis comparativo y elaboración de mapas:** Con base en los informes y las validaciones respectivas, la Subdirección de Información del Departamento Administrativo de Planeación realizará el análisis comparativo de la cartografía oficial protocolizada con el Plan de Ordenamiento Territorial y los resultados del estudio de detalle y elaborará el o los mapas, que contengan la precisión cartográfica.
5. **Expedición del acto administrativo e incorporación de los resultados:** Una vez surtidas las fases anteriores, el Director del Departamento Administrativo de Planeación, expedirá el acto administrativo con el cual se precisará la cartografía oficial, incorporando los resultados de los estudios. En el acto administrativo se definirán, con fundamento en el Plan de Ordenamiento Territorial y sus disposiciones complementarias, las normas urbanísticas aplicables al área objeto de la precisión.
6. **Publicación y divulgación:** El acto administrativo y sus anexos, será publicado en la Gaceta Oficial del Municipio de Medellín, e incorporado en todos los planos de la cartografía oficial del Plan y sus instrumentos reglamentarios y complementarios. El mismo se divulgará, a través de los sistemas técnicos de información municipales y se enviará copia al archivo del Concejo Municipal y a las curadurías urbanas de la Ciudad, para efectos de su aplicación.

Parágrafo. En aplicación del artículo 54, numeral 3 del Acuerdo 48 de 2014, los predios ubicados en zona de

amenaza media de origen geotécnico que obedecen a estudios de amenaza o estabilidad de laderas de detalle, deberán adjuntar a las solicitudes de licencias urbanísticas, los estudios detallados de amenaza por fenómenos de remoción en masa, siguiendo las especificaciones técnicas establecidas en el presente Decreto y en el numeral 4 del artículo 22 del Decreto Nacional 1469 de 2.010 o norma que lo adicione, modifique o sustituya o el numeral 4 del artículo 23 de la misma norma, que permitan determinar la viabilidad del futuro desarrollo, siempre y cuando se garantice la mitigación de la amenaza.

En estos estudios, deberá incluirse el diseño de las medidas de mitigación; serán elaborados y firmados por profesionales idóneos en las materias, quienes conjuntamente con el urbanizador son responsables de los mismos; sin perjuicio de la responsabilidad por la correcta ejecución de las obras de mitigación. En todo caso, las obras de mitigación deberán ser ejecutadas por el urbanizador responsable, o en su defecto, por el titular durante la vigencia de la licencia.

En este caso, copia de dichos estudios será remitida al Departamento Administrativo de Planeación, con el fin de alimentar las bases de datos y demás insumos para su incorporación en la cartografía oficial del POT, en una futura revisión y ajuste.

ARTÍCULO QUINTO. Procedimiento para la realización de precisiones cartográficas en zonas de amenaza media que no obedecen a estudios de amenaza de detalle. En las zonas de amenaza media reguladas en el artículo 54, numeral 3, del Acuerdo 48 de 2014, que se encuentran contiguas a zonas de amenaza alta, cuya clasificación no corresponda a estudios de amenaza de detalle, según el Documento Técnico de Soporte del Plan de Ordenamiento Territorial, y que fueron establecidas en aplicación del principio de precaución, podrán introducirse precisiones a la Cartografía Oficial del Plan, así:

1. Para los predios y/o edificaciones que requieran licencias urbanísticas o reconocimiento de edificaciones, se deberán realizar los estudios técnicos establecidos en el Norma Técnica NSR-10 y el Acuerdo Metropolitano 09 de 2012, o a las normas que los adicionen, modifiquen o sustituyan. Con base en estos estudios, se actualizará y precisará el mapa respectivo, el cual, si es el caso, se incorporará a la Cartografía Oficial del Plan de Ordenamiento Territorial.
2. Para los predios y/o edificaciones que no requieran adelantar el trámite de licencias o reconocimientos, se deberá efectuar una validación en campo por parte del Departamento Administrativo de Planeación -DAP-, a partir de la cual se elaborará un informe técnico que valide la precisión cartográfica, si es el caso, y su incorporación en la Cartografía Oficial del Plan de Ordenamiento Territorial.

Parágrafo 1. Cuando de los resultados de los estudios técnicos del numeral 1 del presente artículo, o del

informe técnico del numeral 2, se desprenda la necesidad de re-clasificar la amenaza media a un nivel superior (alta), se deberá inventariar por parte del Departamento Administrativo de Planeación -DAP-, e incorporar a la ficha de seguimiento al Plan de Ordenamiento Territorial, para una posterior incorporación en el marco de la revisión y ajuste del instrumento.

Parágrafo 2. Las revisiones que se desarrollen a la Cartografía Oficial, con base en el Numeral 2, podrán hacerse en el marco del programa de “Conocimiento y Reducción del Riesgo” del Programa de Ejecución del Plan de Ordenamiento Territorial.

ARTÍCULO SEXTO – Licenciamiento en predios objeto de precisiones cartográficas. Los estudios de que trata el presente Decreto, podrán ser realizados por la Administración Municipal o por los propietarios de los predios afectados por las condiciones de amenaza o riesgo. Cuando de la incorporación de los resultados de estos estudios, se derive alguna solicitud de licencia de urbanización o construcción en dichos predios, su otorgamiento por parte del curador urbano, no exime al urbanizador o constructor, ni a sus consultores, de ninguna de las responsabilidades que le corresponden, respecto de la seguridad y garantía de la estabilidad de las obras y sectores o áreas que se proyectan intervenir. La curaduría urbana respectiva, dejará constancia de esto en la licencia.

En las licencias expedidas en los predios objeto de las precisiones cartográficas de que trata el presente Decreto, quedará explícita la obligación del interesado de adelantar todas las acciones, obras y demás requerimientos establecidos por el Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres -DGRD-. La construcción de las obras de mitigación y control, producto del estudio de amenaza o riesgo de detalle, deberá hacerse con el estricto cumplimiento de lo planteado en los estudios aprobados y con los controles, seguimientos y registros que permitan al Municipio de Medellín, la verificación de su cumplimiento en cualquier momento. Si, durante la construcción de las obras en mención, se generan eventos que pongan en entredicho las conclusiones y recomendaciones de los estudios presentados y aprobados, se deberán adoptar oportunamente, todas las medidas complementarias adicionales que sean necesarias, para garantizar la estabilidad del sector o área objeto del estudio y su entorno.

En el evento de que cambien las condiciones físicas o de amenaza del terreno, o del proyecto urbanístico o arquitectónico, con relación a las condiciones originales contempladas en el estudio de amenaza o riesgo de detalle, dicho estudio deberá ajustarse por parte del titular de la licencia y/o propietarios del inmueble, acorde con las nuevas condiciones.

ARTÍCULO SÉPTIMO. El presente Decreto rige a partir de la fecha de su publicación y deroga las disposiciones que le sean contrarias.

PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE.

Dada en Medellín a los siete (7) días del mes de octubre de 2015.

ANIBAL GAVIRIA CORREA
Alcalde

JORGE PEREZ JARAMILLO
Director
Departamento Administrativo de Planeación

GLORIA AMPARO ALZATE AGUDELO
Secretaria de Medio Ambiente

ANEXO: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LOS ESTUDIOS DE DETALLE DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIONES Y AVENIDAS TORRENCIALES, CON SUS RESPECTIVAS MEDIDAS DE INTERVENCIÓN EN EL MUNICIPIO DE MEDELLÍN.

1. OBJETO DE LOS ESTUDIOS

El objeto de estos estudios además de categorizar la amenaza, vulnerabilidad y el riesgo, es prevenir la ocurrencia de daños ocasionados por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales que afecten la habitabilidad, funcionalidad, permanencia y confiabilidad estructural de las edificaciones e infraestructuras existentes o proyectadas.

Estos estudios están orientados a categorizar la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo, y si este último es mitigable o no, en función del nivel de afectación esperada. Adicionalmente, sirven para establecer las medidas estructurales de intervención (obras de estabilización y/o mitigación) requeridas, con sus respectivos diseños y presupuestos; complementados con el seguimiento y monitoreo de las mismas, y las medidas no estructurales relacionadas con los usos que se deben promover para las zonas que se clasifiquen como de alto riesgo no mitigables.

1.1. Objetivos Específicos

Los estudios detallados de riesgo deben de contener para cada uno de los eventos analizados lo siguiente:

- Análisis y zonificación detallada de la amenaza
- Evaluación y zonificación de la vulnerabilidad
- Evaluación y categorización del riesgo
- Determinación de las medidas para la mitigación de la amenaza y la reducción del riesgo, complementado con la formulación de planes de seguimiento y monitoreo, de acuerdo a las características del fenómeno a evaluar.

2. ALCANCE DE LOS ESTUDIOS

Estos estudios deberán realizarse en general para todas las zonas clasificadas como de amenaza alta y con condiciones de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y/o avenidas torrenciales, que estén ocupadas o edificadas, y en aquellas zonas que se consideren objeto de desarrollo urbano en suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano, centros poblados y áreas de vivienda campestre, clasificadas en el Plan de Ordenamiento Territorial vigente como de amenaza alta.

Estos estudios deben incluir la evaluación y zonificación detallada de las amenazas por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, caracterizándolas en baja, media y alta. Además, deben realizar la caracterización de los elementos expuestos y efectuar el análisis de vulnerabilidad física, clasificándola en baja, media y alta, y el análisis de riesgo, categorizándolo en bajo, medio y alto, precisando si este último es mitigable o no mitigable.

3. ÁREA DE ESTUDIO

Se referirá a las áreas ocupadas o edificadas clasificadas como zonas con condiciones de riesgo, o aquellas áreas que se consideren objeto de desarrollo urbano en suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano, centros poblados o áreas de vivienda campestre, clasificadas como de amenaza alta en el Plan de Ordenamiento Territorial vigente.

4. ESCALA DE TRABAJO

La base cartográfica y los diferentes insumos que se empleen en los estudios de riesgo de detalle deberá realizarse a una 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. METODOLOGÍA DE TRABAJO

5.1. Recopilación, evaluación y clasificación de la información existente.

Para la realización de los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de detalle se deberá compilar, procesar, revisar y evaluar la información y los datos disponibles de las áreas de estudio, 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: SISBEN, DANE y encuesta de calidad de vida (Departamento Administrativo de Planeación), entre otros.

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

- Normatividad vigente en el POT aplicable al área de estudio.
- Fotointerpretación y uso de los sensores remotos disponibles. Se deberán consultar y analizar las fotografías aéreas e imágenes de satélite disponibles en diferentes entidades (DAP, AMVA, Corantioquia, EPM, IGAC, Servicio Geológico Colombiano, etc.), relacionadas con el área de estudio.
- Estudios temáticos puntuales: Deberán ser consultados los estudios técnicos para proyectos u obras de infraestructura, estabilización de laderas/taludes, mitigación de emergencias, etc., que se hayan realizado en la zona de estudio y su área de influencia (Unidad Morfodinámica Independiente - UMI -).
- Información hidroclimatológica: Se debe recolectar la información hidrológica y pluviométrica disponible y aplicable para el área de estudio.
- 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 -DAGRД-, AMVA (Desinventar), DAP, Secretaría de Medio Ambiente, Corantioquia, etc.) 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 y analizar todo tipo de informes, estudios y mapas temáticos relacionados con el objeto y alcances del estudio: geología, geomorfología, procesos morfodinámicos, cobertura vegetal, amenaza por movimientos en masa e inundaciones, hidrología, hidráulica, hidrogeología, usos de suelo, etc., para la zona objeto de estudio.
- Estudios geotécnicos o de suelos, patología o vulnerabilidad estructural, hidrológicos, hidráulicos e hidrogeológicos disponibles, relacionados con edificaciones, obras de infraestructura o proyectos de importancia, obras de estabilización o mitigación, etc.
- 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

Microcuenca (PIOM), Planes Parciales, actualizaciones de la red hidrática, 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: SISBEN, DANE y encuesta de calidad de vida (DAP), entre otros.

5.2. Definición de la metodología de trabajo.

Teniendo en cuenta que para el análisis y evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo se manejan diversos métodos, se debe utilizar la metodología que mejor aplique. Para el análisis de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo, la consultoría 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). La metodología deberá ser aprobada por la Supervisión antes de iniciar su aplicación y cualquier modificación que deba realizarse durante el estudio deberá ser puesta a consideración y aprobación de la Supervisión.

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

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

5.3.1. Análisis detallado 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 y iii) con medidas de mitigación para condiciones normales y iv) 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 estudio. 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 análisis.

5.3.1.2. Insumos. El análisis detallado 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 estudio. 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 del análisis geomorfológico se debe realizar el inventario de procesos morfodinámicos presentes en el área de análisis, complementado con los registros históricos de eventos.

El análisis geológico, geomorfológico y morfodinámico 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 estudio 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.** El análisis hidrogeológico está encaminado 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 la misma 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 estudio, así como también el registro y comportamiento de los niveles freáticos.

Como conclusión del análisis hidrogeológico del área de estudio, 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

- Período 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 del estudio 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 estudio 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 estudio 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 estos estudios.

Se tomará el valor de aceleración máxima (Am) correspondiente para un período de análisis 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 estos estudios.

- **Uso del suelo.** Se deben de tener en cuenta para este análisis, los usos del suelo del POT vigente.
- **Investigación y exploración geotécnica para la evaluación de la amenaza.** Con base en la información geológica, geomorfológica y morfodinámica realizada, se debe programar la investigación y exploración geotécnica.

El objetivo de la investigación y exploración geotécnica es obtener los perfiles geotécnicos para orientar el modelo de cálculo de estabilidad, constituyendo un elemento obligatorio para el análisis de estabilidad del área o ladera objeto de estudio. 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 investigación geotécnica puede ser complementada con exploración geofísica (líneas de refracción y/o reflexión sísmica). El propó-

sito 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 los estudios, 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 investigación o exploración que proporcione información fiable para la elaboración del modelo de análisis.

En el caso de taludes rocosos o laderas con bloques de roca, se debe evaluar su condición de amenaza, mediante el análisis 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 estudio 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 estudio, 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 el análisis geomorfológico y morfodinámico detallado previamente.

- **Ánalysis de estabilidad para la evaluación de la amenaza por movimientos en masa.** El análisis de estabilidad se debe efectuar considerando, como mínimo, métodos basados en el equilibrio límite mediante el cálculo de los factores de seguridad utilizando metodologías de análisis de reconocida validez y aplicación.

Los mecanismos de falla usados en el modelo se deben definir a partir de lo identificado en el análisis geológico y geomorfológico, incluyendo todos los mecanismos de falla posibles. En general se recomienda el uso de múltiples métodos, específicos

camente el uso de los métodos llamados rigurosos para los análisis de equilibrio límite.

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

- i) 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 estudio, ii) bajo las condiciones normales y extremas de lluvia y iii) sismo a las que podrá estar expuesta el área de estudio.

La aceleración crítica que debe ser considerada en los análisis 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 Título 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 de estudios. Adicionalmente, no podrá ser menor a 2/3 de la aceleración máxima (Am), debidamente justificada.

- ii) 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 cuen-

ta 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 estudio.

- **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 Departamento Administrativo de Planeación. 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 1 y 2.

Tabla 1. CLASIFICACIÓN DE PROYECTOS GEOTÉCNICOS SEGÚN LOS FACTORES DE AMENAZA¹

Nivel de amenaza geotécnica	Baja	Media	Alta
Condiciones del terreno	<p>Conocidas.</p> <p>No existen suelos compresibles, sueltos o blandos.</p> <p>No hay llenos sueltos.</p> <p>Pendientes nulas o muy bajas.</p>	<p>Determinables a partir de recopilación en campo de datos (descripción del suelo mediante observaciones directas e indirectas) y ensayos de clasificación y resistencia convencionales.</p>	<p>Excepcionalmente difíciles o inusuales.</p> <p>Exploración detallada directa e indirecta de campo (avanzada).</p> <p>Son necesarios ensayos especiales para la caracterización del comportamiento mecánico (resistencia y deformabilidad) e hidráulico del terreno.</p>

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

Nivel de amenaza geotécnica	Baja	Media	Alta
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 análisis ya establecidos.	Existen problemas ambientales para los cuales los procedimientos convencionales no son suficientes. Se requieren procedimientos de análisis avanzados.

Tabla 2. CLASIFICACIÓN DE PROYECTOS GEOTÉCNICOS SEGÚN LOS FACTORES DE VULNERABILIDAD²

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 3

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

Tabla 3. MATRIZ DE RIESGO PARA CLASIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS GEOTÉCNICOS³

		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

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 los análisis basados en la probabilidad. El factor de seguridad de las laderas dentro de esta categoría es $FS>1,5$; o alternativamente probabilidades de falla $PF<0,0002/\text{año}$. 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).

$$\left(\text{Reducción en la probabilidad de falla asociada a un diseño más confiable} \right) \times \left(\text{Costo de la falla o de un desempeño inapropiado} \right) < \left(\text{Costo adicional del diseño más confiable} \right) \text{ Ec. (1)}$$

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 ésta categoría requieren datos geotécnicos cuantitativos y análisis cuantitativos 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 geotécnista). Por lo tanto, con el fin de tener en cuenta el riesgo no convencional asociado con esta categoría, se requiere utilizar el análisis de confiabilidad basado en probabilidades. El factor de seguridad de laderas naturales en esta categoría es $FS<1,2$ o alternativamente probabilidad de falla $PF>0,05/\text{año}$. 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 del análisis probabilístico y del nivel de riesgo aceptable.

En estos análisis, 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.

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

La amenaza deberá expresarse de acuerdo a una escala cuantitativa, así: **amenaza alta** ($FS \leq 1.2$; o Probabilidad de Ruptura (PR) $\geq 0,05/\text{año}$), **media** ($1.2 < FS \leq 1.5$; PR: $0,0002/\text{año} - 0,05/\text{año}$) y **baja** ($FS > 1.5$; PR: $<0,0002/\text{año}$). 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 respectivo análisis de estabilidad.
- **Evaluación de la condición de amenaza por movimientos en masa con medidas de mitigación.**

Los diseños de las obras propuestas deberán estar respaldados con el respectivo análisis 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 solicitudes sísmicas o hidrológicas

- **Alcance.** El análisis 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 del análisis de 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 el análisis mínimo 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 todos los análisis realizados, la descripción de la metodología empleada, las conclusiones y recomendaciones con las respectivas medidas de mitigación, diseños y presupuestos. Igualmente, para el análisis geológico, geomorfológico, morfodinámico y geotécnico del

área de estudio, 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 estudio en la (o las) UMI definidas como el ámbito para la elaboración de los estudios geológicos de detalle.
- Mapa morfométrico, escala 1:2.000 para el área urbana y 1:5.000 para la zona rural.
- Mapa geológico regional con la unidad de análisis (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 con la unidad de análisis (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 estudio y de la unidad de análisis (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, etc.). En este mismo plano se deben de localizar los sondeos evaluados de otros estudios, que sean de interés para el logro de los resultados.
- Análisis estereográfico 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 el estudio.
- 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 para la selección de parámetros.
- Anexo con las memorias de cálculo de los análisis de estabilidad.
- Anexo con los diseños de las obras de mitigación y control.

NOTA: Deberá entregarse georreferenciación de cada una de las zonas estudiadas con base en los criterios y estándares establecidos por el Sistema de Información Territorial (SITE). Las especificaciones se entregaran por parte de la supervisión al inicio del contrato, para el manejo de la información geográfica

Los mapas, documentos y anexos correspondientes, se deben entregar según los estándares de información geográfica suministrados por el DAP a través de la Subdirección de Información.

5.3.2. Análisis detallado 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 períodos de retorno de 2.33, 10, 50 y 100 años de las quebradas o cuerpos de agua caracterizadas como zonas con condiciones de riesgo en el POT vigente.

5.3.2.1. Área de estudio. 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 los análisis del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Medellín y de aquellas cuencas que tengan planes aprobados.

5.3.2.2. Insumos. El análisis detallado de amenaza debe incluir como insumos básicos mínimos, los siguientes:

- **Geología, geomorfología y morfodinámica.** Se debe realizar el análisis geológico, geomorfológico y morfodinámico de la zona objeto de estudio, teniendo en cuenta los lineamientos del Acuerdo Metropolitano 09 de 2012 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

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.
- **Modelo de elevación digital de terreno.**
- **Geotecnia.** Este tipo de análisis se debe realizar como insumo del diseño y construcción de las obras de mitigación y/o protección que se recomiendan.
- **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 evaluar.** Este análisis debe realizarse acorde con los lineamientos del Acuerdo Metropolitano 09 de 2012 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. En el caso de que la corriente de agua sea de características torrenciales, el análisis hidrológico de la cuenca debe orientarse al flujo torrencia, considerando el ciclo de sedimentos. Igualmente, dentro del análisis hidráulico del área a zonificar, se deben de tener en cuenta los factores detonantes como la precipitación o los movimientos en masa.
- **Levantamiento batimétrico y generación de secciones transversales de las quebradas.** Para el desarrollo del estudio hidráulico 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 estudio. 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 Departamento Administrativo de Planeación

El levantamiento topográfico altiplanímétrico 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 estudio. 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 altiplanímétrico 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.

- Evaluación y modelación hidrológica para inundaciones y/o avenidas torrenciales.** Este análisis se debe realizar para zonificar la amenaza por inundación y/o avenida torrencial de las corrientes naturales o artificiales de agua objeto de estudio. Se deben considerar los análisis hidrológicos de las cuencas, información hidrométrica y pluviométrica disponibles entre otros, 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.
- 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 más cercanas a la zona de estudio utilizando como referencia los polígonos de Thiessen.

- **Alcance.** El análisis 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.

Los estudios de podrán realizar de manera independiente para cada quebrada o cuerpo de agua, dependiendo de las características del área de estudio.

Como parte del análisis 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, etc.): tipos de inundación, probabilidad de ocurrencia; altura estimada del nivel de agua. 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 estudio 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 el análisis hidrológico e hidráulico del área de estudio, se deben incluir 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:

- Gráfico de localización de la zona objeto de estudio.
- 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 estudio, a escala 1:5.000 para el área rural y para el área urbana a escala 1:2.000.
- Mapa de manchas de inundación para diversos períodos de retorno (10, 50 y 100 años).
- 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.
- Cantidad de obras, valor unitario y valor total con los precios actuales del mercado en el momento que se desarrolle el estudio.
- 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 los análisis hidrológicos e hidráulicos realizados.
- Anexo con diseños de las obras de mitigación y/o protección.

NOTA: Deberá entregarse georreferenciación de cada una de las zonas estudiadas con base en los criterios y estándares establecidos por el Sistema de Información Territorial (SITE). Las especificaciones se entregarán por parte de la supervisión al inicio del contrato, para el manejo de la información geográfica

Los mapas, documentos y anexos correspondientes, se deben entregar según los estándares de información geográfica suministrados por el DAP a través de la Subdirección de Información.

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

Corresponde al análisis 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.

El análisis de la vulnerabilidad física de los elementos expuestos (población, viviendas, infraestructura, líneas vitales, etc.), 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 a una escala cualitativa y/o cuantitativa, así: vulnerabilidad alta, media y baja.

El resultado del análisis de vulnerabilidad física deberá ir acompañado de una descripción detallada de los criterios utilizados para establecer el grado de vulnerabilidad de los diferentes elementos expuestos en el área de estudio, frente a cada una de las amenazas evaluadas, incluyendo el inventario de las estructuras existentes.

5.4.1. Análisis de la vulnerabilidad

Para el análisis 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. Este análisis determinará el grado de exposición de los elementos expuestos, haciendo énfasis en los siguientes aspectos:

- De acuerdo con los resultados del análisis detallado 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, políductos); equipamientos (acueductos veredales, equipamientos de salud, parques, plazas, plazas, plazas, 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.

5.4.2. 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 etc. 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 analizar las posibles causas que generan la vulnerabilidad de los elementos expuestos en el área objeto de estudio.

El resultado del análisis de la vulnerabilidad deberá ir acompañado 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. El análisis 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.

Producto. 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 estudio.

- 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 estudio.
- 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.

5.5. 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 estudio, 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.

5.5.1. Contenidos para la evaluación y zonificación del riesgo.

El estudio de evaluación y zonificación del riesgo debe contener la siguiente información por cada fenómeno analizado:

- Análisis, 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 las 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. El análisis 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. El estudio de riesgo de detalle por los fenómenos amenazantes antes relacionados, deberá contener como mínimo los siguientes ítems:

- 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.

NOTA: Deberá entregarse georreferenciación de cada una de las zonas estudiadas con base en los criterios y estándares establecidos por el Sistema de Información Territorial (SITE). Las especificaciones se entregarán por parte de la supervisión al inicio del contrato, para el manejo de la información geográfica

Los mapas, documentos y anexos correspondientes, se deben entregar según los estándares de información geográfica suministrados por el DAP a través de la Subdirección de Información.

- 5.5.2. 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 vulne-

rabilidad que deben ser planteadas en los estudios 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. El estudio 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 torrentiales, 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

Los estudios 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 los estudios 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 específica 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 los estudios geotécnicos, 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 matrícula 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 los estudios 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 matrícula 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 matrícula profesional y especialización o maestría en estructuras, con experiencia específica 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 matrícula profesional.

7. Validación de los resultados

Para la incorporación de los resultados de los estudios detallados ante la Administración Municipal, estos deberán ser presentados en original (1) y copia (2), y en medio digital (2 CD), con el plano topográfico y los respectivos planos temáticos en medio físico y magnético, de acuerdo con los parámetros establecidos en las especificaciones anexas. Todos los planos de anexos al estudio se presentarán debidamente firmados por los profesionales matriculados y facultados para este fin.

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.”*.

Documento elaborado por el Grupo de Gestión del Riesgo del POT (Elizabeth Arboleda G, Martín Molina O, José Humberto C. y Mario A. Flórez Arroyave) y el apoyo de los siguientes profesionales: Hernán Eduardo Martínez (Profesor de Geotecnia de la U. de Brasilia), Claudia García L. (Ingeniera geóloga de Corantioquia) y Orly Tatiana Castañeda Geotecnista del DAGRD