

Elaboración de estudios básicos de amenaza por movimientos en masa, inundación y avenidas torrenciales, para la inclusión de la gestión del riesgo en la revisión del POT Distrital de Medellín, Antioquia



ANEXO 4

MORFOMETRIA Y PROCESAMIENTO LIDAR

Información general del proyecto

Nombre:	Estudios Básicos Medellín
Objeto:	CONTRATO INTERADMINISTRATIVO DE MANDATO SIN REPRESENTACIÓN LEGAL PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIALES, PARA LA INCLUSIÓN DE LA GESTIÓN DEL RIESGO EN LA REVISIÓN DEL POT DEL DISTRITO ESPECIAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DE MEDELLÍN
Vigencia:	28 de febrero de 2025 al 24 de octubre de 2025.
Alcance geográfico:	Distrito de Medellín

Tabla de contenido

1	PROCESAMIENTO LIDAR Y MORFOMETRIA.....	6
1.1	ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE LOS MODELOS DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA	6
1.2	MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN.....	7
1.3	VARIABLES DEL MODELO.....	10
1.3.1	Variables Morfométricas.....	11
1.3.2	Variables Físico-Espaciales	20
2	BIBLIOGRAFÍA	26

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Cobertura espacial del DEM para el Distrito de Medellín y detalle específico del área correspondiente al corregimiento de San Sebastián de Palmitas donde se observa la ausencia de información	8
Ilustración 2. Curvas de nivel para completar la información del corregimiento de San Sebastián de Palmitas en el DEM del Distrito de Medellín	9
Ilustración 3. DEM definitivo del Distrito de Medellín con resolución de 2 m	10
Ilustración 4. Mapa de pendientes para el Distrito de Medellín	12
Ilustración 5. Mapa de rugosidad para el Distrito de Medellín	13
Ilustración 6. Mapa de curvatura para el Distrito de Medellín	15
Ilustración 7. Mapa de relieve relativo para el Distrito de Medellín	17
Ilustración 8. Mapa del aspecto del Distrito de Medellín.....	18
Ilustración 9. Mapa de dirección de flujo para el Distrito de Medellín	20
Ilustración 10. Mapa de variable distancia drenajes para el Distrito de Medellín.	21
Ilustración 11 Mapa de variable distancia a fallas para el Distrito de Medellín.....	22
Ilustración 12. Mapa de variable distancia a vías para el Distrito de Medellín.	24
Ilustración 13. Mapa de Coberturas.....	25

Lista de Tablas

Tabla 1. Insumos requeridos para la caracterización del área de estudio y zonificación de la amenaza por movimientos en masa para los modelos a desarrollar en los EBA	6
Tabla 2. Distribución de las clases de pendientes para el Distrito de Medellín	12
Tabla 3. Distribución de las clases de rugosidad para el Distrito de Medellín	14
Tabla 4. Distribución de las clases de curvatura para el Distrito de Medellín.....	14
Tabla 5. Distribución de las clases del índice de relieve relativo para el Distrito de Medellín	16
Tabla 6. Dirección y orientación de las pendientes, en términos del rumbo, de las celdas del ráster	18
Tabla 7. Dirección de flujo, en términos del rumbo, de las celdas del ráster	19
Tabla 8. Distribución de la variable distancia drenajes para el Distrito de Medellín.....	21

Tabla 9. Distribución de la variable distancia fallas para el Distrito de Medellín.	22
Tabla 10. Distribución de la variable distancia vías para el Distrito de Medellín.....	23

1 PROCESAMIENTO LIDAR Y MORFOMETRIA

1.1 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE LOS MODELOS DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

Para la evaluación y zonificación de la amenaza por movimientos en masa, Thiery et al. (2020) realizaron una revisión bibliográfica donde clasificaron los métodos utilizados por tipología. En el contexto de los Estudios Básicos de Amenazas (EBA) para el Distrito de Medellín, se propone el desarrollo de dos enfoques metodológicos: el método estadístico y el método en base física. La Tabla 1 presenta los insumos requeridos para cada modelo de acuerdo con lo establecido por el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2017). Estos constituyen la base para la descripción de las variables que se desarrolla a continuación.

Tabla 1. Insumos requeridos para la caracterización del área de estudio y zonificación de la amenaza por movimientos en masa para los modelos a desarrollar en los EBA

Temática	Capas / Tipos de datos	Modelo estadístico (*)	Modelo en base física
Inventario de procesos morfodinámicos	Inventario de movimientos en masa y erosión	X	Opcional (**)
	Actividad de los movimientos en masa	X	-
	Distribución	X	X
Geomorfología	Pendientes	X	-
	Curvatura	X	-
	Morfogénesis	X	-
	Dirección de flujo	-	X
	Profundidad máxima de rotura	-	X
Unidades Geológicas Superficiales (UGS)	Tipos de roca	X	X
	Meteorización	X	-
	Discontinuidades	X	-
	Aspectos estructurales	X	-
	Fallas	X	-
	Tipos de suelo	X	X
	Espesor del suelo	X	X
	Propiedades geotécnicas	X	X
	Propiedades hidrológicas	X	X
Cobertura y uso del suelo	Cobertura de la tierra	X	-
	Uso actual del suelo	X	-
	Cambio de la cobertura de la tierra	X	-
Detonantes	Lluvia	X	X
	Sismo	X	X

(*) Tomado de la *Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1: 25.000* (SGC, 2017).

(**) En el modelo en base física el inventario es opcional para el retroanálisis, sin embargo, es pertinente para realizar validaciones.

Fuente: Universidad EAFIT, 2025.

1.2 MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

El insumo principal para la construcción de las variables morfométricas es el Modelo de Elevación Digital (DEM, por sus siglas en inglés), el cual permite la caracterización y análisis de las unidades geomorfológicas del Distrito de Medellín. Para el desarrollo de los Estudios Básicos de Amenaza, el Distrito suministró la información generada en el marco del contrato ejecutado por Aeroestudios en 2021, que incluye los siguientes productos:

- a. Fotografías aéreas
- b. Datos LiDAR con resolución de 1 m
- c. Ortofotografía escala 1: 1.000
- d. Modelo Digital de Superficie (DSM)
- e. Modelo de Elevación Digital (DEM)

Durante la revisión de la cobertura espacial de los datos, se identificó que la zona correspondiente al corregimiento de San Sebastián de Palmitas no estaba incluida dentro del DEM suministrado. Esta omisión se evidencia en la Ilustración 1.

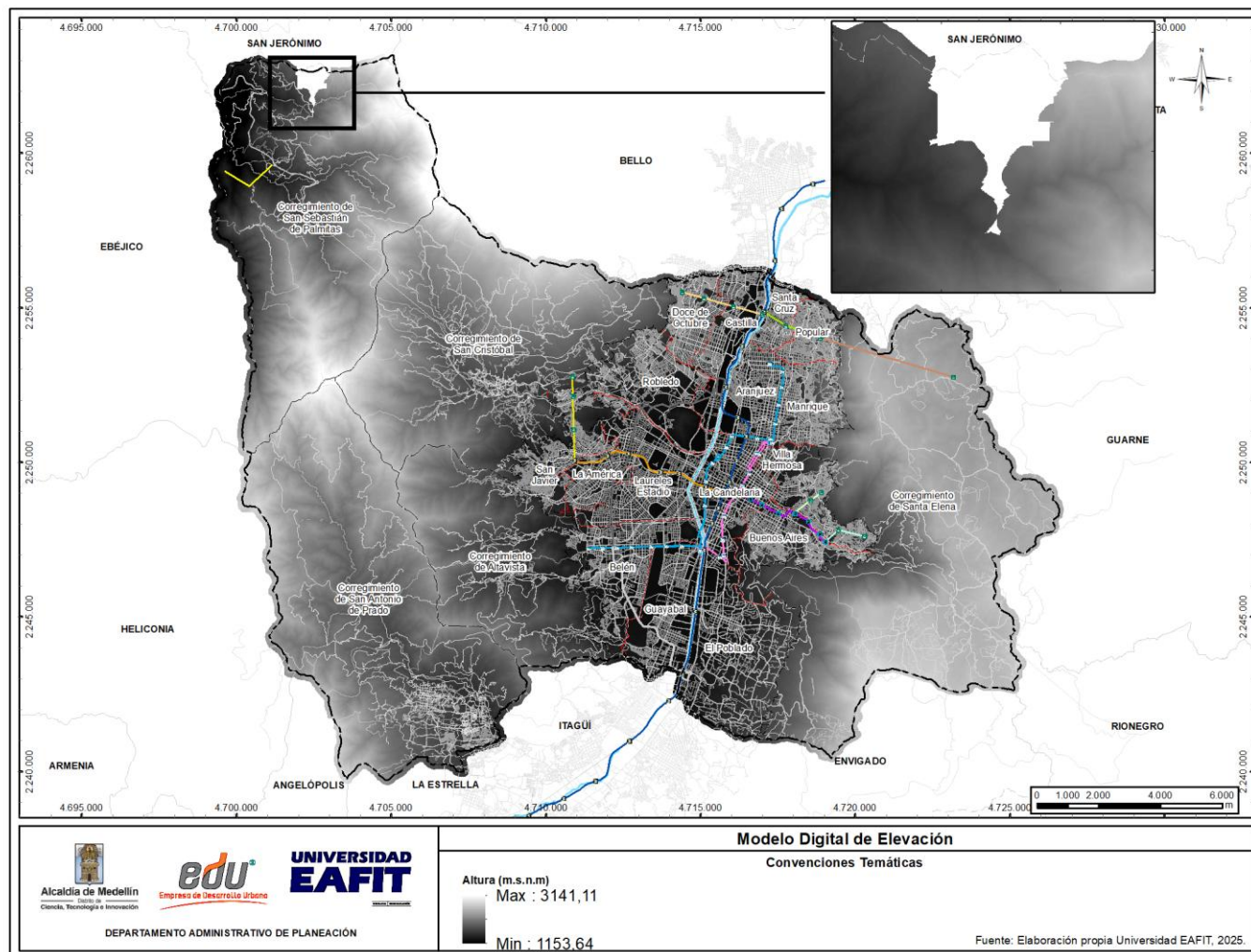


Ilustración 1. Cobertura espacial del DEM para el Distrito de Medellín y detalle específico del área correspondiente al corregimiento de San Sebastián de Palmitas donde se observa la ausencia de información

Fuente: Universidad EAFIT, 2025

Para completar la información faltante, se utilizó el Modelo Digital de Terreno DTM de Medellín, a escala 1:2.000 del año 2014 (GeoMedellín: <https://www.medellin.gov.co/giscatalogacion/srv/spa/catalog.search#/metadata/c58dcfaa-7456-44a5-8a4a-4aeb6c651c18>) a partir del cual se extrajo la porción de área faltante para completar la totalidad del Distrito. La Ilustración 3 muestra el DTM utilizado para completar la zona faltante del corregimiento de San Sebastián de Palmitas.

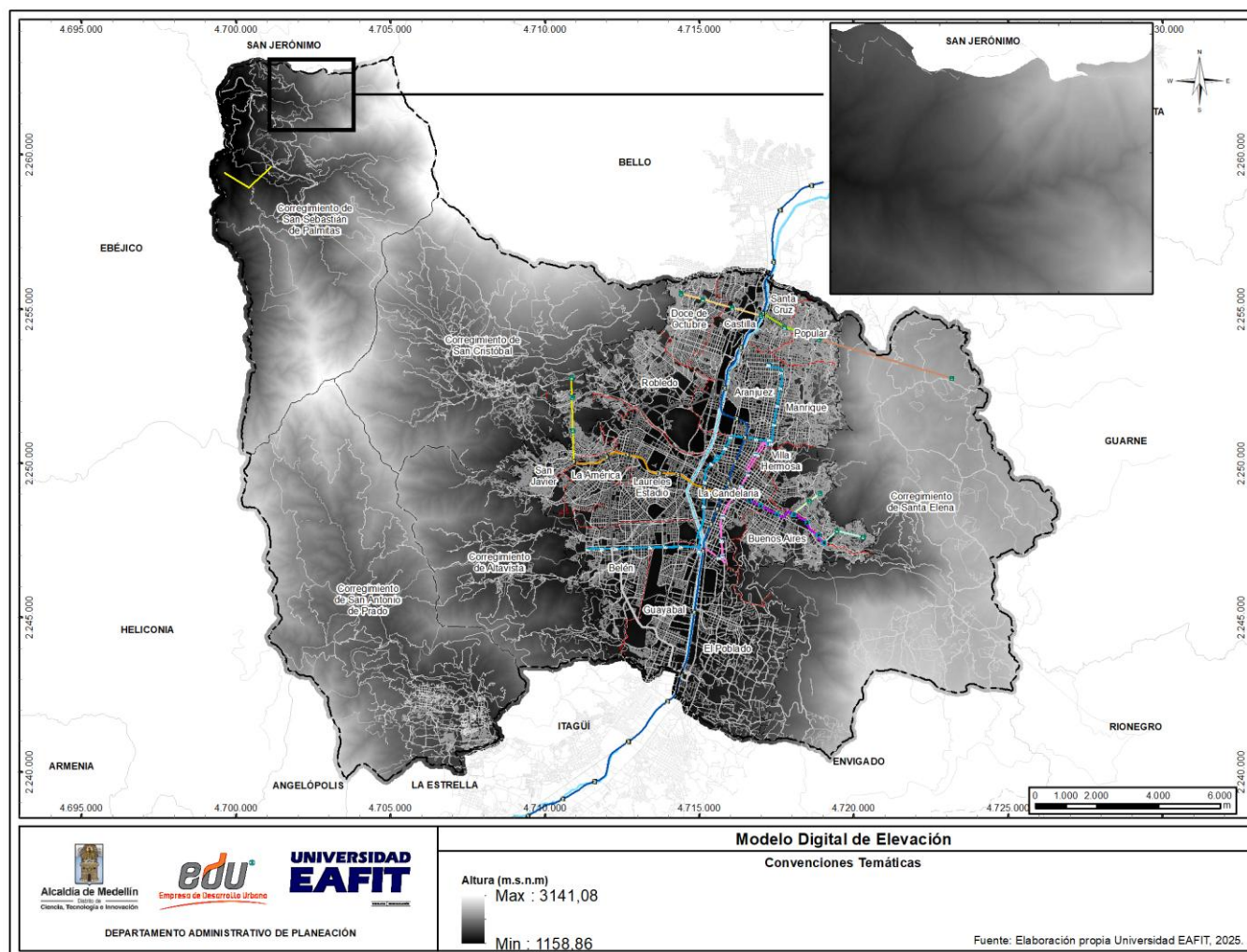


Ilustración 3. DEM definitivo del Distrito de Medellín con resolución de 2 m

Fuente: Universidad EAFIT, 2025

1.3 VARIABLES DEL MODELO

En la caracterización de las unidades geomorfológicas se define la morfología asociada a cada una de ellas, la cual está determinada por su geometría e involucra principalmente los gradientes topográficos y las formas relativas del terreno. Para este propósito, se emplea la información derivada del DEM, que permite obtener atributos cuantitativos básicos a partir de medidas métricas como: (i) pendientes, (ii) rugosidad, (iii) curvatura, (iv) índice de relieve relativo y (v) aspecto.

Adicionalmente, se consideran variables físico-espaciales que representan la distancia a elementos relevantes del entorno como: (i) drenajes, (ii) vías y (iii) fallas geológicas. Y finalmente se tienen en

cuenta las coberturas vegetales actualizadas con énfasis en los cambios de uso del suelo asociados a la expansión urbana.

1.3.1 Variables Morfométricas

1.3.1.1 Pendientes

Se entienden como el ángulo de inclinación de una ladera con respecto a la horizontal, se expresan en grados o porcentaje. Esta variable está directamente relacionada con la ocurrencia de movimientos en masa, al tratarse estos de fenómenos gravitacionales en los que las pendientes de moderadas a fuertes están asociadas a mayores aceleraciones. Sin embargo, la pendiente también influye en la formación del suelo puesto que, en general, los suelos se desarrollan en zonas de menor inclinación, mientras que en pendiente mayores predominan perfiles con menores o nulos espesores, especialmente en áreas abruptas donde son comunes los procesos de caídas de rocas. Por lo anterior, el comportamiento de esta variable se ajusta cualitativamente a una función de tipo senoidal.

En el Distrito de Medellín, las pendientes muy abruptas (60%–100%) y abruptas (40%–60%) representan el 25,2% y el 18,8% del territorio, respectivamente, y que, en conjunto, representan el 43,9% de todo el territorio. Estas se concentran principalmente en la zona rural occidental (veredas), aunque también se extienden por la ladera oriental, especialmente en las veredas Media Luna, Las Palmas y Piedras Blancas–Matasano, así como en barrios urbanos adyacentes. En el valle se destacan en los cerros tutelares (ver Ilustración 4).

Las pendientes inclinadas (10%–25%) y muy inclinadas (25%–40%) abarcan el 17,2% y el 15,2% del área, respectivamente, con una distribución amplia tanto en la zona urbana como en las ladeas oriental y occidental, así como en el corregimiento de Santa Elena y en zonas asociadas a la red hídrica.

Las pendientes suaves (3%–10%) se localizan principalmente en los depósitos aluviales de la margen oriental del río Aburrá, en algunos topes y en zonas de depósitos de flujos de lodos y/o escombros. El rango de pendientes muy suaves (0%–3%) cubre apenas el 5,8% del área del Distrito. Estas últimas categorías dominan el área urbana, que se encuentra rodeada por laderas abruptas y muy abruptas.

Por último, las pendientes escarpadas (>100%) representan el 6,5% del territorio, con mayor presencia en la zona occidental, donde están especialmente asociadas a fuentes hídricas.

La Tabla 2 presenta la distribución porcentual de estas clases de pendientes para el Distrito de Medellín.

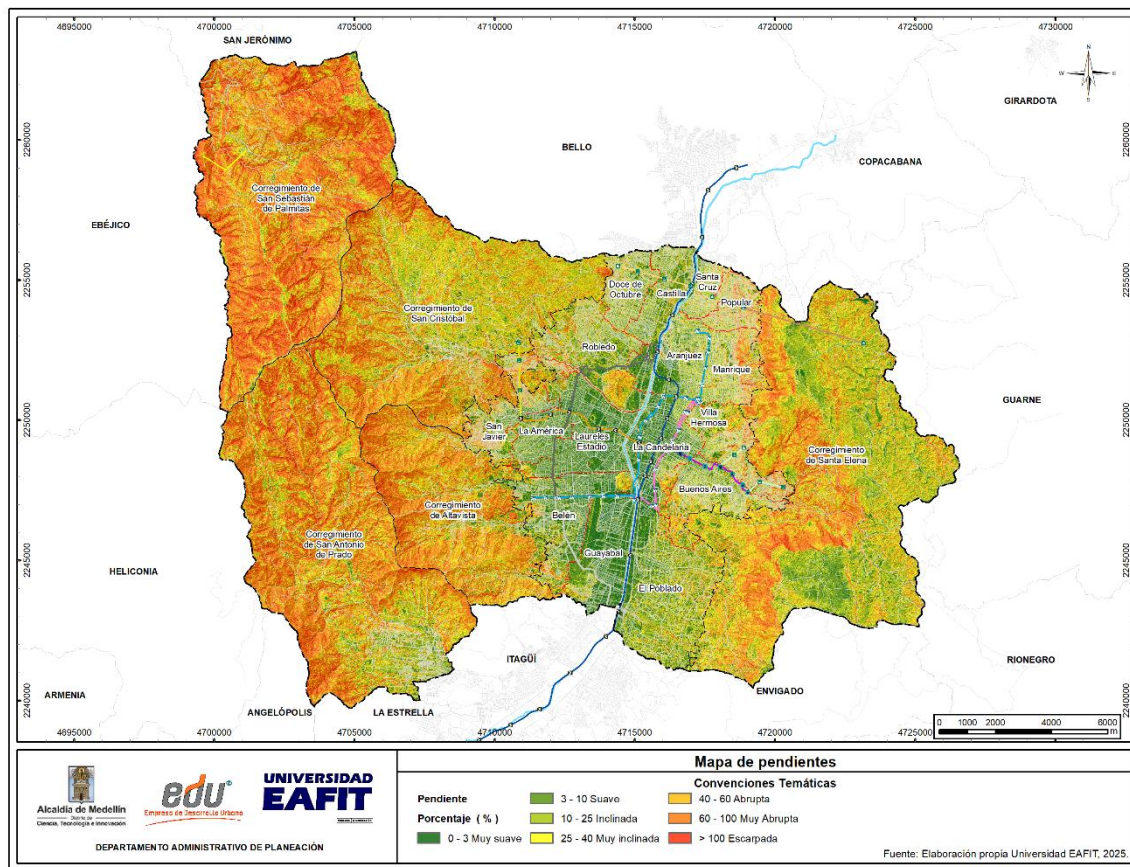


Ilustración 4. Mapa de pendientes para el Distrito de Medellín

Fuente: Universidad EAFIT, 2025

Tabla 2. Distribución de las clases de pendientes para el Distrito de Medellín

Rango	Clasificación	Área (Ha)	Porcentaje del Territorio
Muy suave	0%–3%	2.176,60	5,8
Suave	3%–10%	4.303,33	11,4
Inclinada	10%–25%	6.477,48	17,2
Muy inclinada	25%–40%	5.710,31	15,2
Abrupta	40%–60%	7.064,58	18,8
Muy abrupta	60%–100%	9.475,00	25,2
Escarpada	>100%	2.431,79	6,5

Fuente: Universidad EAFIT, 2025

1.3.1.2 Rugosidad

Es una variable que refleja la variación de la pendiente dentro de un área específica y se calcula a partir de la desviación del vector normal a la superficie de cada celda del DEM, considerando áreas de 2x2 celdas. Su valor está normalizado en un rango de 0 a 1, donde los valores más altos indican

superficies más regulares, es decir, menos rugosas, mientras que valores más bajos reflejan mayor dispersión de los vectores y, en consecuencia, mayor rugosidad.

Desde el punto de vista de la amenaza por movimientos en masa, la rugosidad permite identificar diferencias morfológicas entre crestas, laderas y valles, asociando una mayor susceptibilidad a deslizamientos en zonas de alta rugosidad, debido a la complejidad del relieve y a la mayor fragmentación de las pendientes.

En el caso del Distrito de Medellín, se reorganizaron los rangos de clasificación de esta variable para ajustarlos a las condiciones específicas del territorio debido a su heterogeneidad en el territorio:

- El 66,3% del área de estudio presenta valores altos o muy altos de rugosidad, concentrados principalmente en las laderas distribuidas a lo largo del municipio.
- El 16,1% muestra valores medios, característicos de los toques de las laderas.
- Finalmente, el 17,6% restante corresponde a valores bajos o muy bajos, los cuales se asocian a zonas planas o suavemente onduladas, ubicadas particularmente a lo largo de los drenajes principales.

En la Ilustración 5 y en la Tabla 3 se presentan las distribuciones porcentuales de los rangos de rugosidad para el Distrito de Medellín.

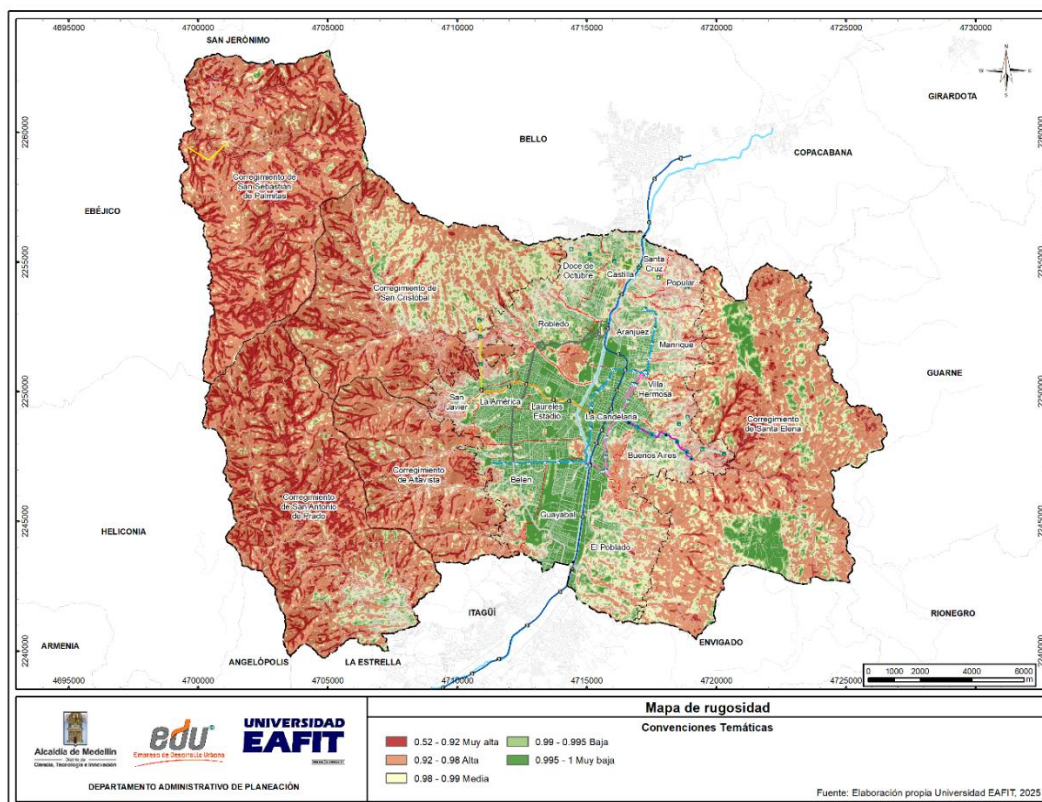


Ilustración 5. Mapa de rugosidad para el Distrito de Medellín

Fuente: Universidad EAFIT, 2025

Tabla 3. Distribución de las clases de rugosidad para el Distrito de Medellín

Rango	Clasificación	Área (Ha)	Porcentaje del Territorio
Muy baja	0,995–1,000	4.084,58	10,9
Baja	0,990–0,995	2.532,07	6,7
Media	0,980–0,990	6.070,89	16,1
Alta	0,920–0,980	19.252,57	51,2
Muy alta	0,520–0,920	5.686,32	15,1

Fuente: Universidad EAFIT, 2025.

1.3.1.3 Curvatura

Esta variable describe el grado de concavidad o convexidad de la superficie del terreno y se calcula a partir del DEM mediante derivadas de segundo orden, las cuales se evalúan en ventadas de 2x2 celdas. Esta medida indica si una celda presenta un cambio positivo (convexo) o negativo (cóncavo) respecto a sus vecinas, reflejando tendencias locales del relieve.

Desde el punto de vista geomorfológico e hidrológico, esta variable se relaciona directamente con la concentración o dispersión del flujo superficial. Las superficies cóncavas tienden a concentrar escurrimiento, favoreciendo la saturación del suelo y el aumento de la presión de poros, lo cual incrementa la susceptibilidad a movimientos en masa. En contraste, las zonas convexas favorecen la dispersión del flujo, reduciendo la acumulación del agua superficial; estas características se asocian con espesores delgados de suelo.

En el Distrito de Medellín, la distribución de la curvatura es equilibrada entre zonas muy cóncavas (48,9%) y zonas muy convexas (49,8%), respecto al área total del municipio. Las formas cóncavas predominan hacia las áreas de los drenajes, mientras que las convexas se localizan en las divisoras de aguas y topes de las laderas, donde hay espesores menores de suelo.

La Tabla 4 muestra la clasificación porcentual de esta variable y la Ilustración 6 presenta su distribución espacial a nivel municipal.

Tabla 4. Distribución de las clases de curvatura para el Distrito de Medellín

Rango	Clasificación	Área (Ha)	Porcentaje del Territorio
Muy convexo	<-0,05	18.732,1	49,8
Convexo	-0,05 – -0,02	153,3	0,4
Plano	-0,02 – 0,00	104,8	0,3
Muy plano	0,00 – 0,02	104,8	0,3
Cóncavo	0,02 – 0,05	153,1	0,4
Muy cóncavo	> 0,05	18.391,3	48,9

Fuente: Universidad EAFIT, 2025

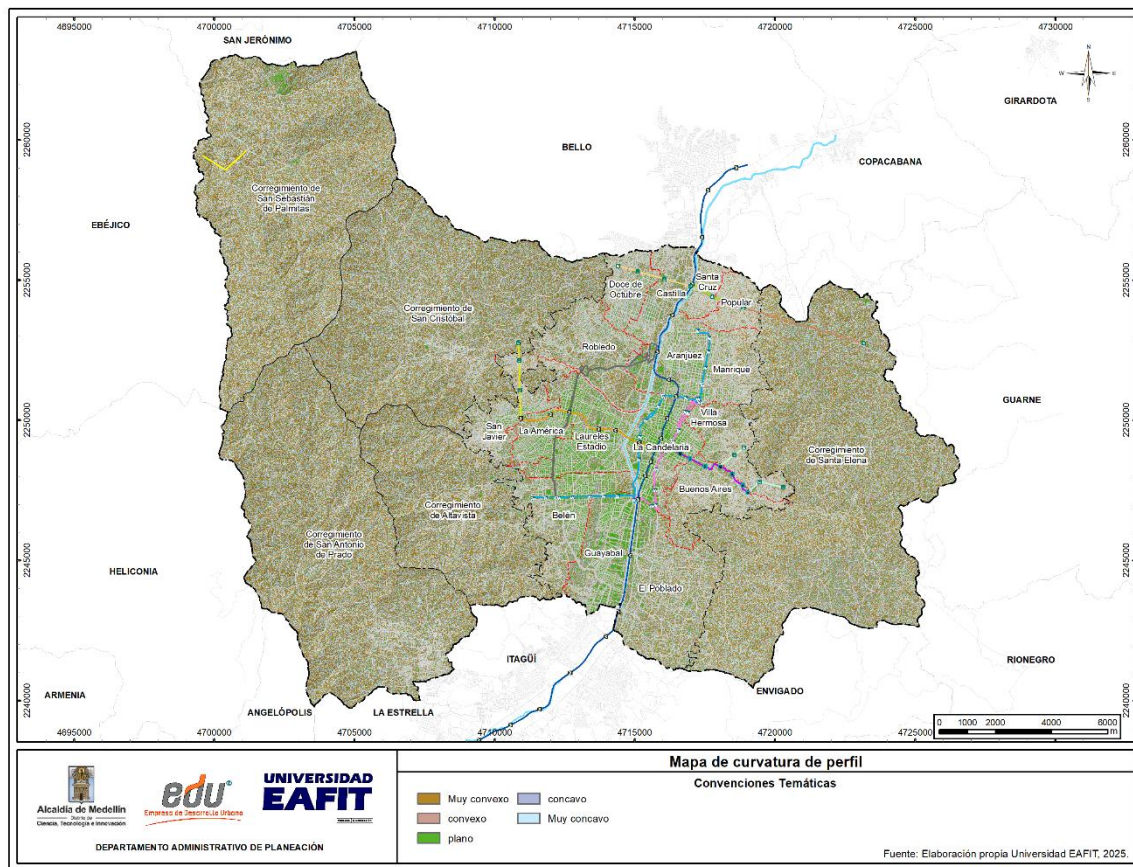


Ilustración 6. Mapa de curvatura para el Distrito de Medellín

Fuente: Universidad EAFIT, 2025.

1.3.1.4 Relieve relativo

El relieve relativo se define como la diferencia de elevación, expresada en metros, entre el punto más alto y el más bajo dentro de una unidad espacial determinada. Esta medida representa la variación topográfica interna de un área, sin hacer referencia a la altitud absoluta sobre el nivel del mar. Su valor está directamente relacionado con la resistencia de los materiales a nivel superficial, ya que los relieves más acentuados pueden estar asociados tanto a zonas altamente erosionadas como a materiales resistentes que desarrollan morfologías con pendientes escarpadas y desniveles muy marcados.

En el Distrito de Medellín predomina un relieve relativamente moderado (20 m–50 m), que abarca el 49,8% del territorio y se distribuye de manera generalizada en todas las zonas del Distrito, con excepción del valle del río Aburrá.

Los valores bajos (10 m–20 m) representan el 20,1% del área y se localizan principalmente en los bordes urbano–rurales del municipio y en el corregimiento de Santa Elena. Por su parte, los valores muy bajos (0 m–10 m), característicos del valle del río Aburrá, corresponden al 15,3% del área total.

El relieve alto (50 m–100 m) cubre el 14,7% del territorio y se distribuye principalmente en la ladera occidental y en sectores de la ladera oriental asociados a pendientes escarpadas y muy abruptas.

Finalmente, las zonas con relieve muy alto (>100 m) son muy localizadas y representan apenas el 0,1% del área municipal.

La Tabla 5 presenta el detalle de las áreas correspondientes a cada rango del índice de relieve relativo, y la Ilustración 7 muestra su distribución espacial.

Tabla 5. Distribución de las clases del índice de relieve relativo para el Distrito de Medellín

Rango	Clasificación (m)	Área (Ha)	Porcentaje del Territorio
Muy bajo	0–10	5.763,9	15,3
Bajo	10–20	7.549,6	20,1
Moderado	20–50	18.764,5	49,9
Alto	50–100	5.544,8	14,7
Muy alto	>100	16,7	0,04

Fuente: Universidad EAFIT, 2025

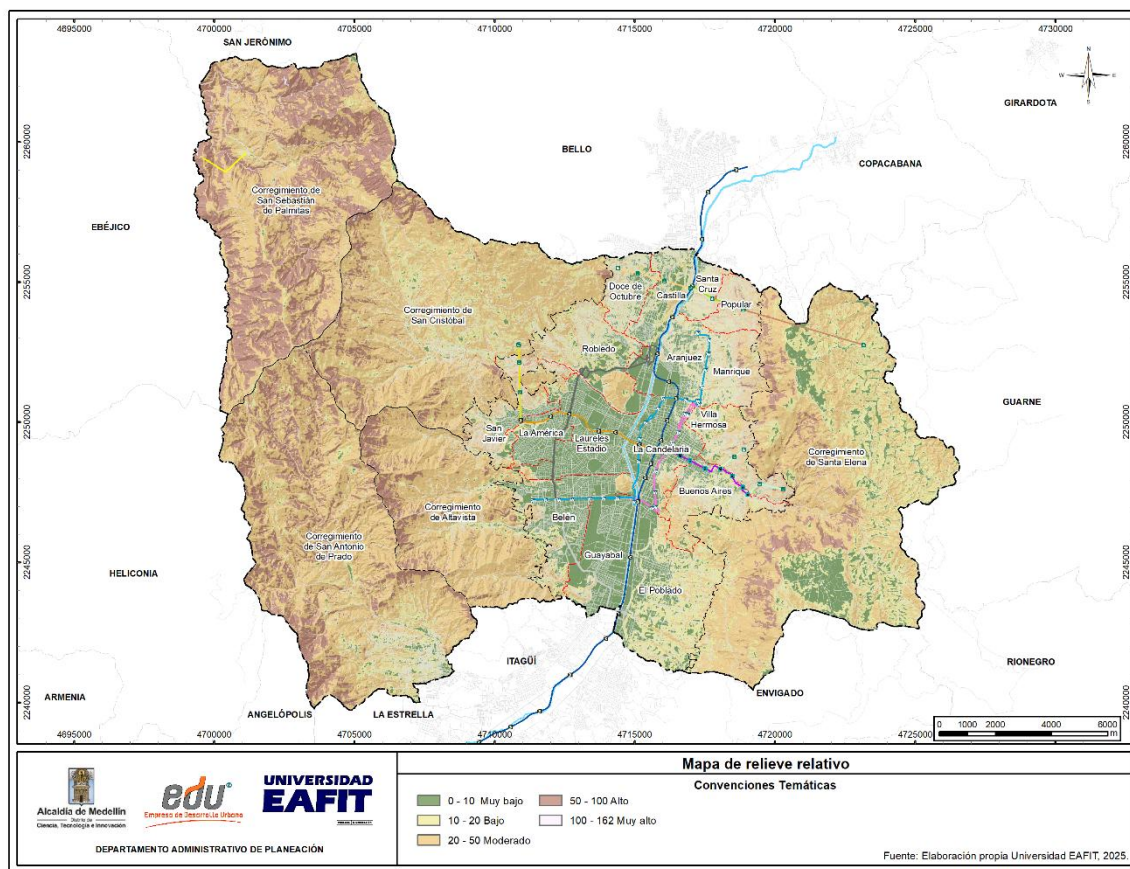


Ilustración 7. Mapa de relieve relativo para el Distrito de Medellín

Fuente: Universidad EAFIT, 2025.

1.3.1.5 Aspecto

Representa la orientación de la pendiente, es decir, la dirección hacia la cual desciende la superficie del terreno, además, refleja la incidencia de factores ambientales como la radiación solar, el viento y la humedad. Esta variable se calcula a partir de las derivadas parciales de la elevación respecto a los ejes X e Y, y su valor se expresa de manera circular, en grados, desde 0° hasta 360° (Dai, Lee, & Xu, 2001).

Cada celda del ráster resultante indica la dirección de la pendiente descendente en términos de rumbo, medida en sentido horario (ver Tabla 6). Las áreas planas, que no presentan una dirección de pendiente definida, se asignan con un valor de -1.

El aspecto del terreno es relevante para el análisis de la amenaza por movimientos en masa, ya que influye en la exposición del terreno a procesos de secado, saturación y degradación diferenciada, según la orientación, lo cual afecta la estabilidad de las laderas.

En la Ilustración 8 se muestra la distribución espacial del aspecto del territorio del Distrito de Medellín.

Tabla 6. Dirección y orientación de las pendientes, en términos del rumbo, de las celdas del ráster

Dirección	Rango en grados
Plano	-1 (sin pendiente)
Norte	337.5° – 22.5°
Noreste	22.5° – 67.5°
Este	67.5° – 112.5°
Sureste	112.5° – 157.5°
Sur	157.5° – 202.5°
Suroeste	202.5° – 247.5°
Oeste	247.5° – 292.5°
Noroeste	292.5° – 337.5°

Fuente: Universidad EAFIT, 2025

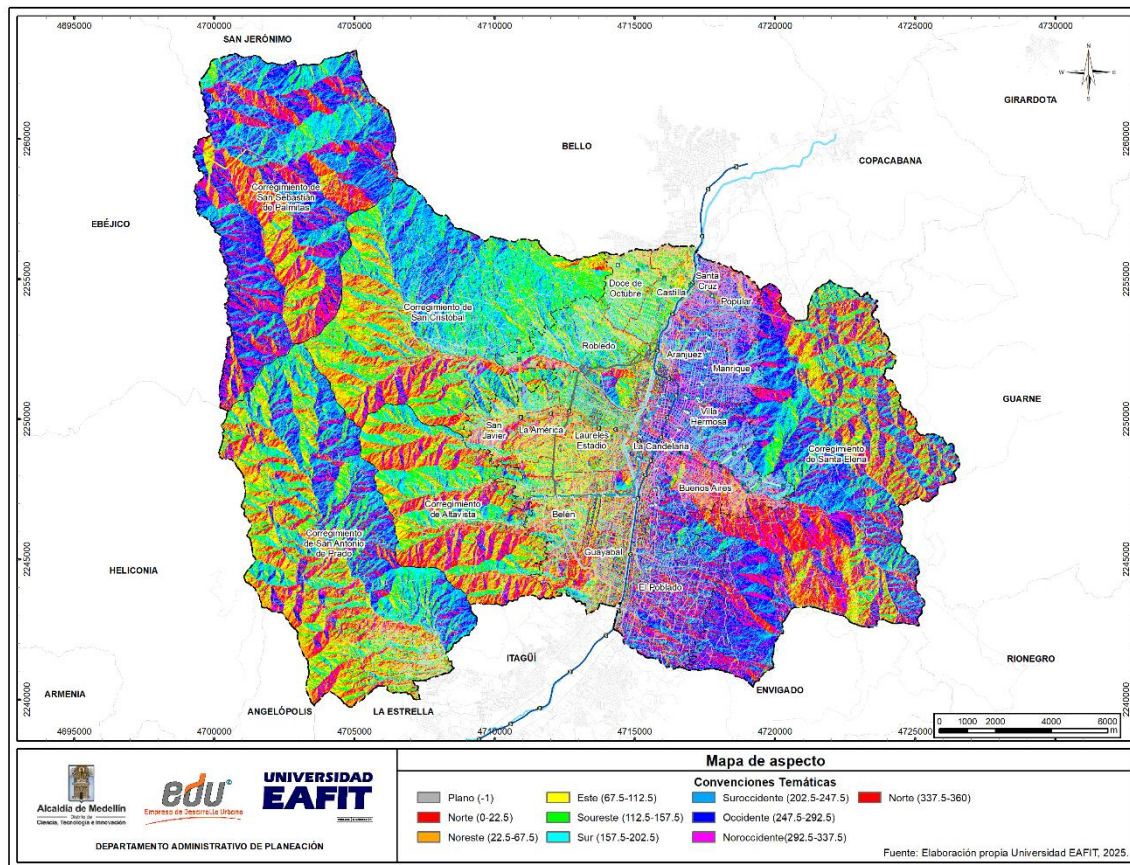


Ilustración 8. Mapa del aspecto del Distrito de Medellín

Fuente: Universidad EAFIT, 2025.

1.3.1.6 Dirección de flujo

La dirección de flujo es una variable morfométrica derivada de un Modelo Digital de Elevación (MDE) que indica la trayectoria que seguiría el agua superficial desde cada celda del terreno según la máxima pendiente descendente. Su análisis permite identificar patrones de drenaje, delimitar cuencas hidrográficas y comprender los procesos de concentración y transporte de la escorrentía superficial.

En el método D8, utilizado comúnmente en ArcGIS, la dirección de flujo se representa mediante los siguientes valores:

Tabla 7. Dirección de flujo, en términos del rumbo, de las celdas del ráster

Valor	Dirección
1	Este (E)
2	Sureste (SE)
4	Sur (S)
8	Suroeste (SO)
16	Oeste (O)
32	Noroeste (NO)
64	Norte (N)
128	Noreste (NE)

Fuente: Universidad EAFIT, 2025

Cuando una celda presenta más de una dirección potencial de salida, como ocurre en superficies planas o zonas con drenaje indeterminado, el valor almacenado corresponde a la suma de las direcciones posibles. Por esta razón, los valores del ráster pueden variar entre 1 y 255, donde los valores básicos representan direcciones únicas de flujo y los valores compuestos representan múltiples direcciones potenciales. Esta codificación permite describir de manera detallada el comportamiento del flujo superficial y su relación con la topografía del terreno.

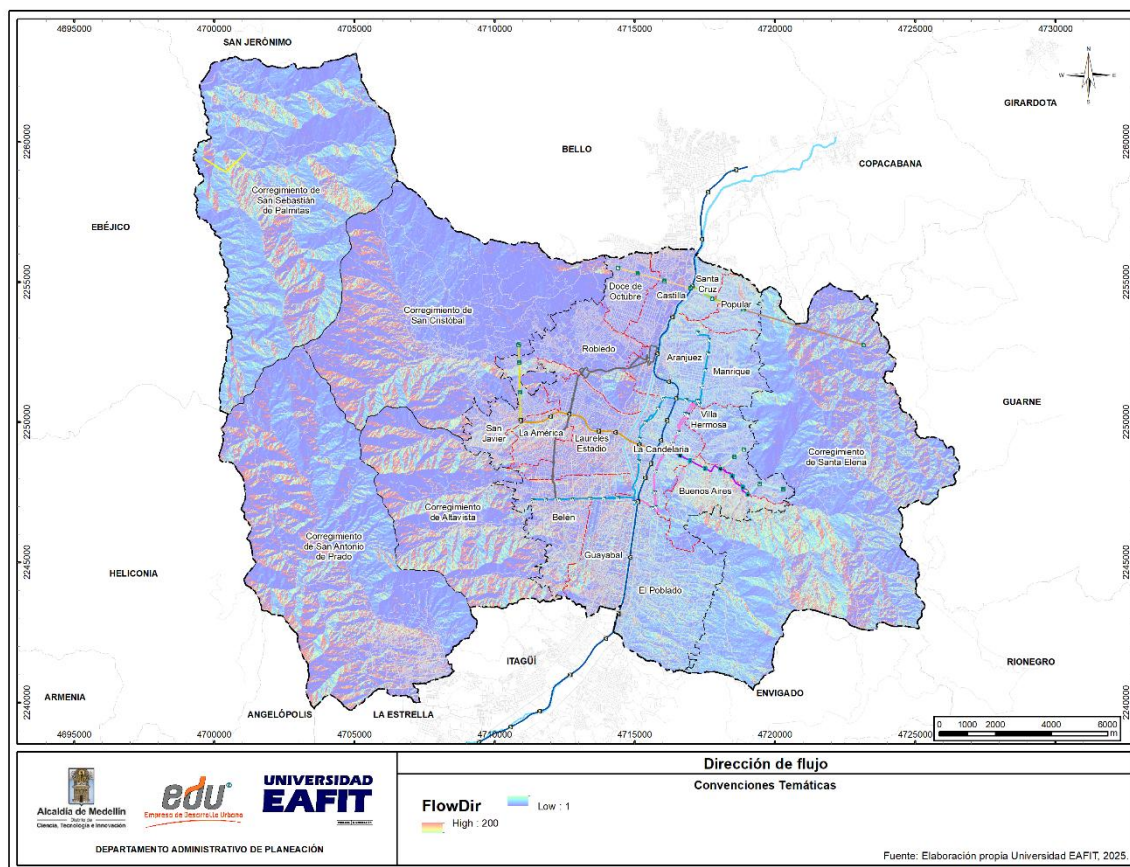


Ilustración 9. Mapa de dirección de flujo para el Distrito de Medellín

Fuente: Universidad EAFIT, 2025.

1.3.2 Variables Físico-Espaciales

1.3.2.1 Distancia drenajes

Esta variable está relacionada con la inestabilidad generada por los drenajes, los cuales según Escobar y Duque (2017), originan movimientos en masa en las laderas por su capacidad de infiltración (generando un peso en el terreno), por la profundización en el fondo de los cauces (eliminado el soporte en la base de las laderas) y por la erosión en las orillas (desestabilizando el terreno), por lo que se realiza una evaluación de las distancias a estos.

En el Distrito de Medellín esta variable muestra la distancia a los principales drenajes que recorren la zona rural y urbana, las cuales muestran una importante densidad en la vertiente occidental del Valle, especialmente en los corregimientos de San Antonio de Prado, San Cristóbal y San Sebastián de Palmitas; y en la vertiente oriental se destaca una mayor densidad asociada a la zona de altiplano en el corregimiento de Santa Elena; en la Tabla 8 se muestra la distribución de la variable y en la Ilustración 10 se presenta el mapa de distancia drenajes del Distrito de Medellín.

Tabla 8. Distribución de la variable distancia drenajes para el Distrito de Medellín.

Rango de Distancia	Área (ha)	Porcentaje (%)
0 - 20 m	8223,78	21,85%
20 - 40 m	7223,38	19,19%
40 - 100 m	13789,50	36,64%
100 - 350 m	8059,54	21,41%
>350 m	343,46	0,91%

Fuente: Universidad EAFIT, 2025.

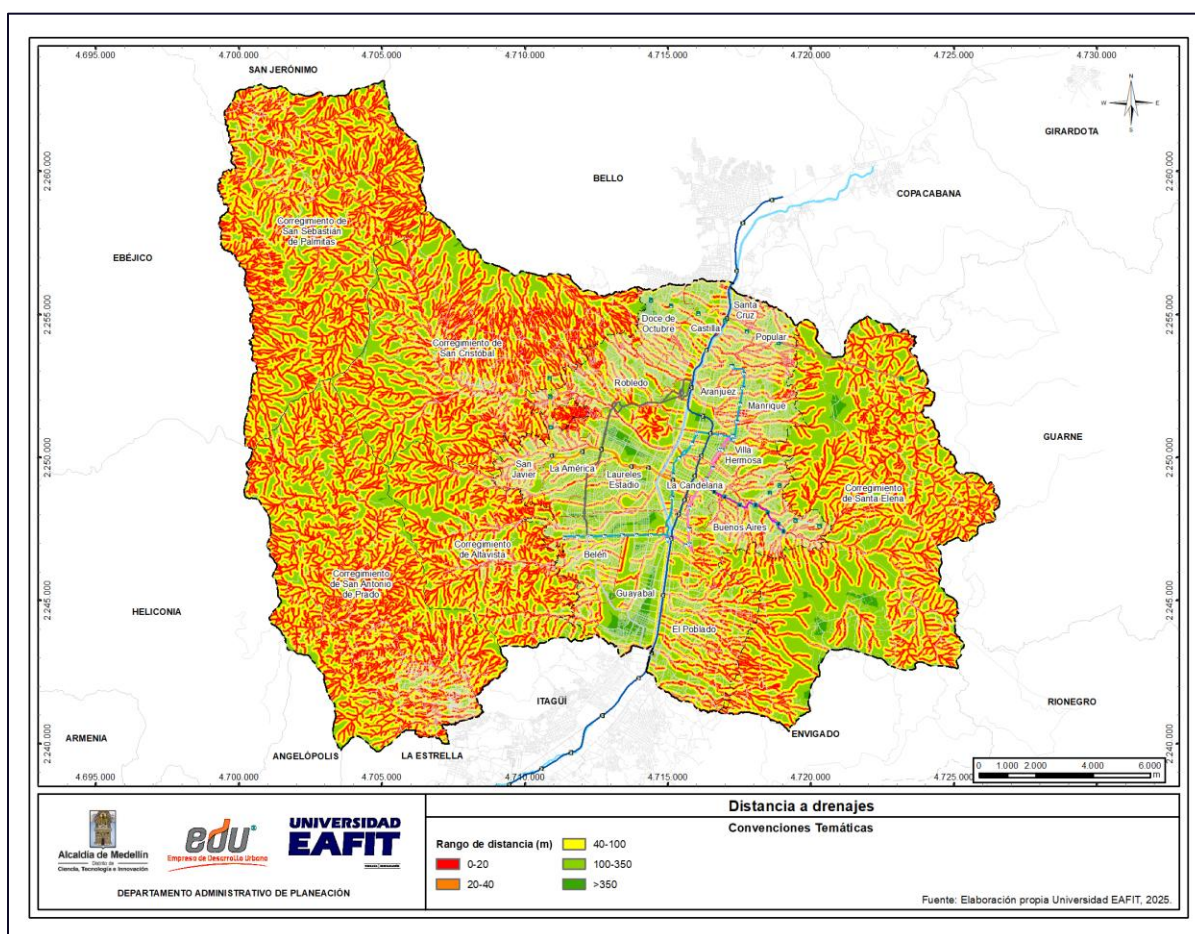


Ilustración 10. Mapa de variable distancia drenajes para el Distrito de Medellín.

Fuente: Universidad EAFIT, 2025.

1.3.2.2 Distancia fallas

Esta variable está relacionada con la inestabilidad generada por la presencia de fallas. En el Distrito de Medellín esta variable muestra la distancia a las fallas que se presentan a lo largo de todo el

Distrito, en general con dirección SSE-NNE, las cuales muestran una importante densidad en la zona occidental del área municipal, en este sector se destacan las fallas de Ebéjico, Cauca-Romeral y San Jerónimo. La mayor densidad observada se presenta en los corregimientos de San Antonio de Prado, San Cristóbal, San Sebastián de Palmitas y Santa Elena, en la Ilustración 11 se presenta el mapa de distancia fallas del Distrito de Medellín y en la Tabla 9 se observa la distribución en porcentajes de los diferentes rangos de distancias.

Tabla 9. Distribución de la variable distancia fallas para el Distrito de Medellín.

Rango de Distancias	Área (ha)	Porcentajes (%)
0 - 20 m	1403,52	3,73%
20 - 40 m	1342,32	3,57%
40 - 100 m	3583,31	9,52%
100 - 350 m	10282,98	27,32%
>350 m	21027,54	55,87%

Fuente: Universidad EAFIT, 2025.

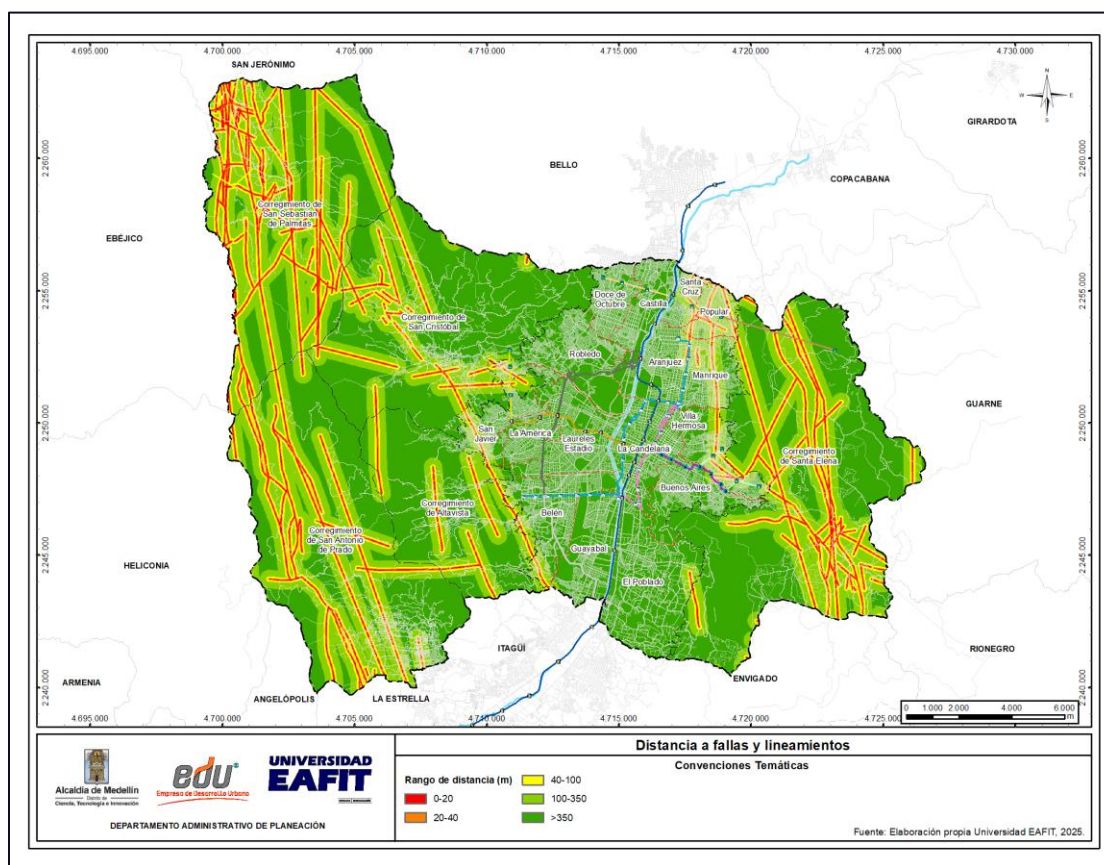


Ilustración 11 Mapa de variable distancia a fallas para el Distrito de Medellín.

Fuente: Universidad EAFIT, 2025.

1.3.2.3 Distancia vías

Esta variable está relacionada con la inestabilidad generada por la construcción de proyectos lineales como vías, los cuales generan cambios en las condiciones iniciales de la topografía, como cortes y llenos que pueden desencadenar procesos de remoción en masa, por lo cual se realiza una evaluación de las distancias a estas intervenciones en franjas, las cuales marcan una determinada influencia de estos procesos en la estabilidad de la zona.

En el Distrito de Medellín esta variable muestra la distancia a las principales vías que recorren la zona urbana y rural, por la alta densidad de vías en la zona urbana sólo se toman las vías principales. En la Tabla 10 se muestra la distribución de la variable y en la Ilustración 12 se presenta el mapa de distancia vías de la zona rural del Distrito de Medellín.

Tabla 10. Distribución de la variable distancia vías para el Distrito de Medellín.

Rango de Distancia	Área (ha)	Porcentaje (%)
0 - 20 m	4268,30	11,34%
20 - 40 m	3679,80	9,78%
40 - 100 m	7902,14	20,99%
100 - 350 m	12246,64	32,54%
>350 m	9542,78	25,35%

Fuente: Universidad EAFIT, 2025.

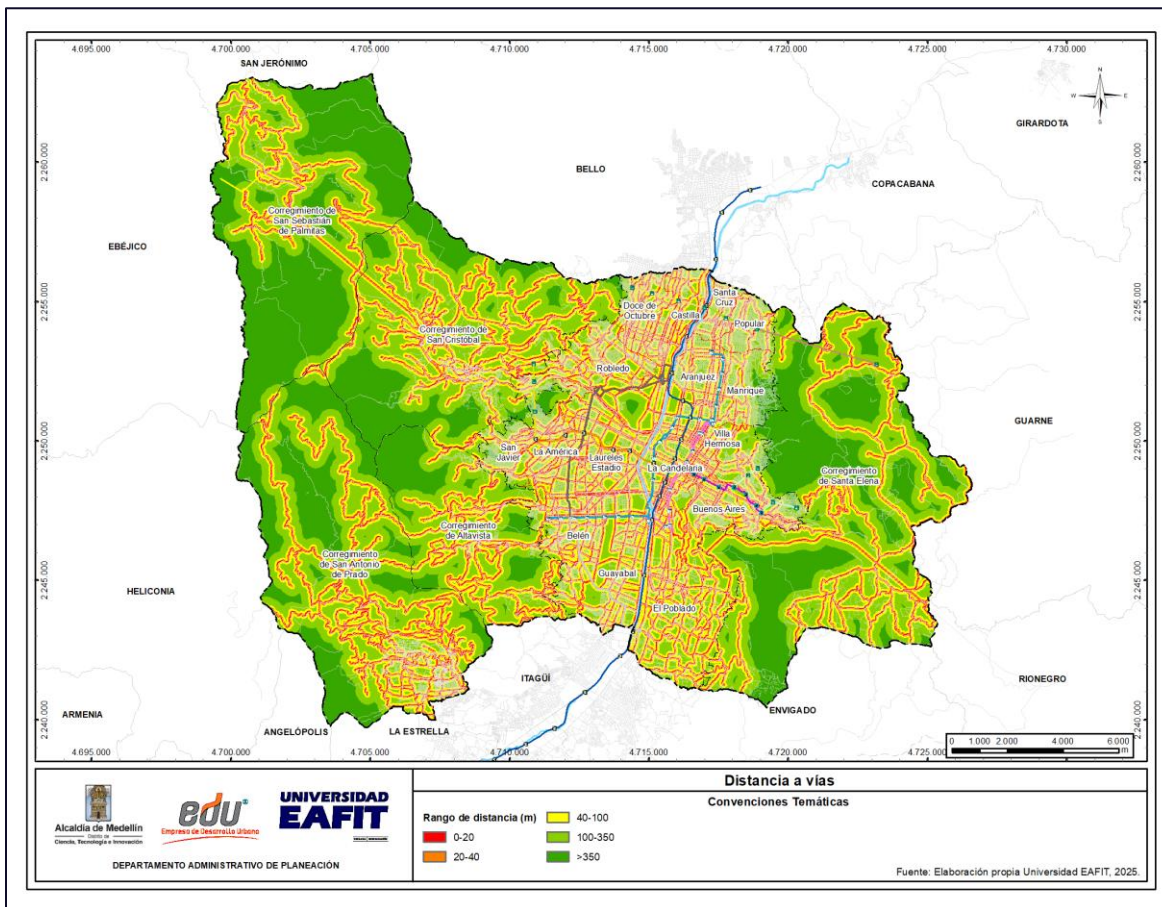


Ilustración 12. Mapa de variable distancia a vías para el Distrito de Medellín.

Fuente: Universidad EAFIT, 2025.

1.3.2.4 Coberturas vegetales

Para obtener las coberturas terrestres del Distrito, se utiliza como insumo principal el feature class “CoberturaTierra_UsoActual” de la geodatabase del POMCA del río Aburrá 2018. Luego mediante procesamiento geográfico (UNION) realizado en el software ArcGis v. 10.8, se incorporan las coberturas terrestres suministradas por planeación para los corregimientos de San Sebastián de Palmitas y San Antonio de Prado. Finalmente, se realiza una edición de coberturas de todo el distrito, utilizando la ortofoto para el municipio de Medellín del año 2024 disponible en el servidor de mapas del Distrito, ajustando las zonas que han venido ocupándose con la categoría de tejido urbano discontinuo y continuo. En la Ilustración 13 se presenta la distribución de las coberturas en el Distrito de Medellín.

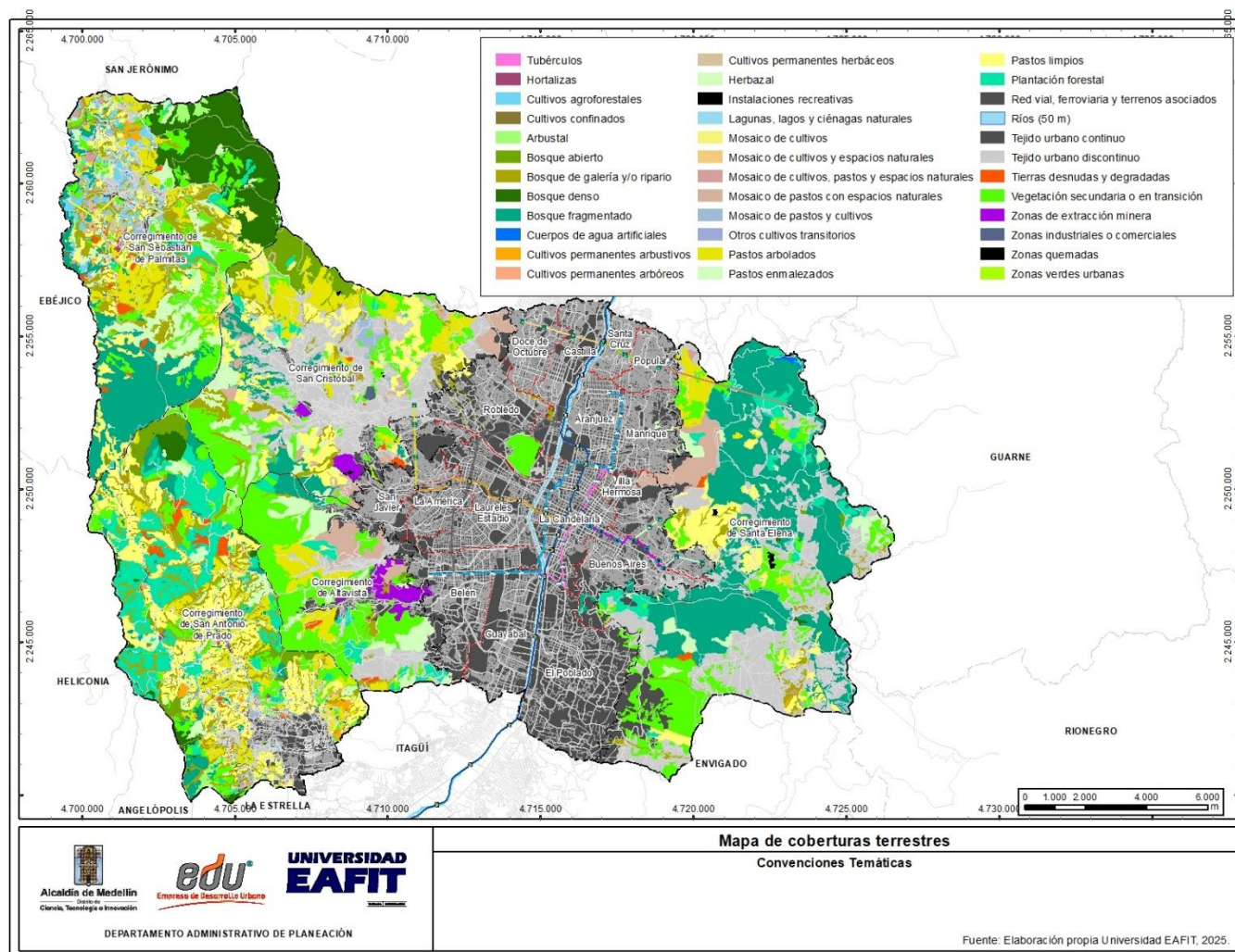


Ilustración 13. Mapa de Coberturas

Fuente: Universidad EAFIT, 2025.

2 BIBLIOGRAFÍA

Dai, F. C., Lee, C. F., Li, J., & Xu, Z. W. (2001). *Assessment of landslide susceptibility on the natural terrain of Lantau Island, Hong Kong. Environmental Geology*, 40(3), 381–391.
<https://doi.org/10.1007/s002540000163>

Escobar, J. M., & Duque, J. (2017). *Guía para la evaluación de amenazas por movimientos en masa*. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Servicio Geológico Colombiano – SGC. (2017). *Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000*. Bogotá, D.C.: SGC.

Thiery, Y., Terrier, M., Colas, B., Fressard, M., Maquaire, O., Grandjean, G., & Gourdier, S. (2020). Improvement of landslide hazard assessments for regulatory zoning in France: State-of-the-art perspectives and considerations. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 47, 101531.
<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101531>