

XVII CONGRESO COLOMBIANO DE GEOTÉCNIA “EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE RIESGOS GEOTÉCNICOS CON ÉNFASIS EN LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO”

14 al 18 de Noviembre de 2022



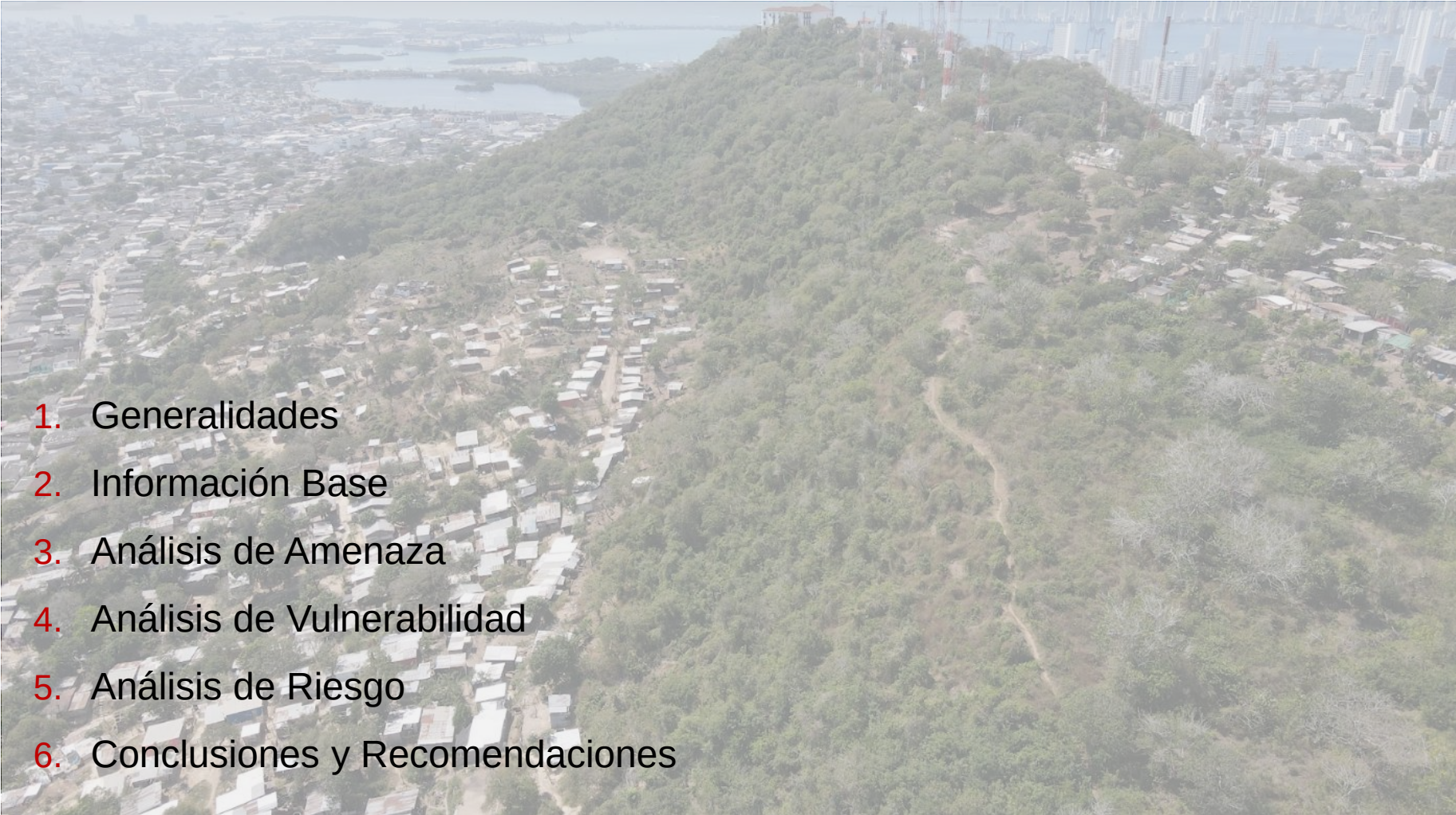
ESTUDIO DETALLADO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA EN UN ÁREA DEL SECTOR ORIENTAL DEL CERRO DE LA POPA

Barboza Miranda, Guillian¹, Méndez Medina, William²

^{1y2}Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil, Universidad de Cartagena, Colombia



CONTENIDO

- 
1. Generalidades
 2. Información Base
 3. Análisis de Amenaza
 4. Análisis de Vulnerabilidad
 5. Análisis de Riesgo
 6. Conclusiones y Recomendaciones



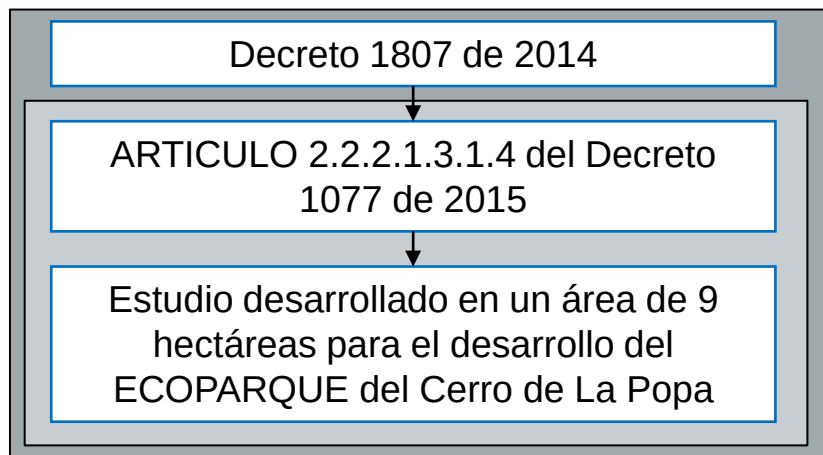
1. GENERALIDADES

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO 001- 2021, PARA AUNAR ESFUERZOS TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y ADMINISTRATIVOS PARA LA REALIZACION DEL ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA A ESCALA 1:1000 EN UN ÁREA DE 9 HECTÁREAS EN EL CERRO DE LA POPA



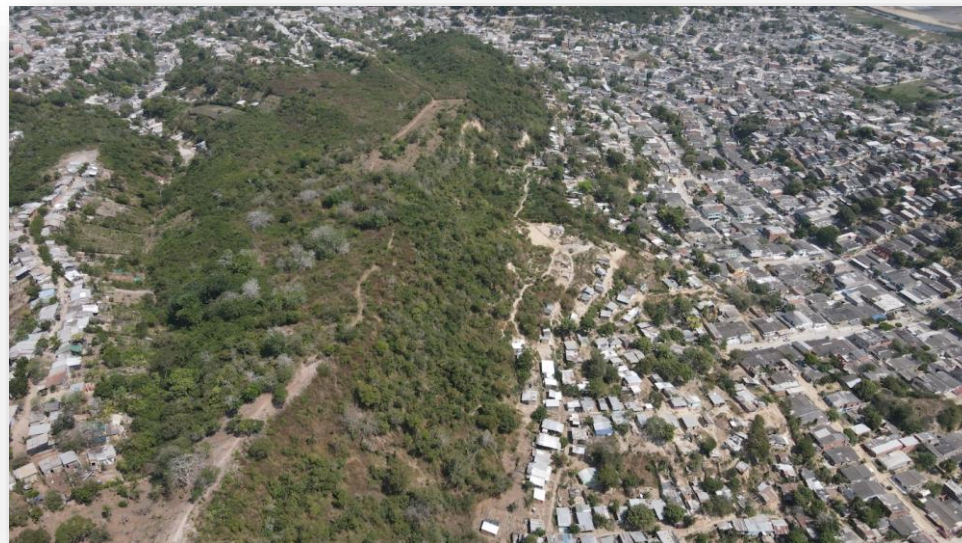


1. GENERALIDADES



Plan de Desarrollo de Cartagena incluye el Plan de Restauración y Recuperación de las áreas del Cerro de La Popa

ECOPARQUE



Restablecer los activos ecosistémicos deteriorados

Contener la proliferación de asentamientos informales sobre áreas protegidas y de riesgo

Brindar a la ciudadanía un espacio de interacción con el ecosistema



ESTUDIO DETALLADO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA EN UN ÁREA DEL SECTOR ORIENTAL DEL CERRO DE LA POPA



2. INFORMACIÓN BASE

Componente social



Primera fase

- Recopilación de información

Segunda fase

- Identificación de actores

Tercera fase

- Caracterización de comunidades

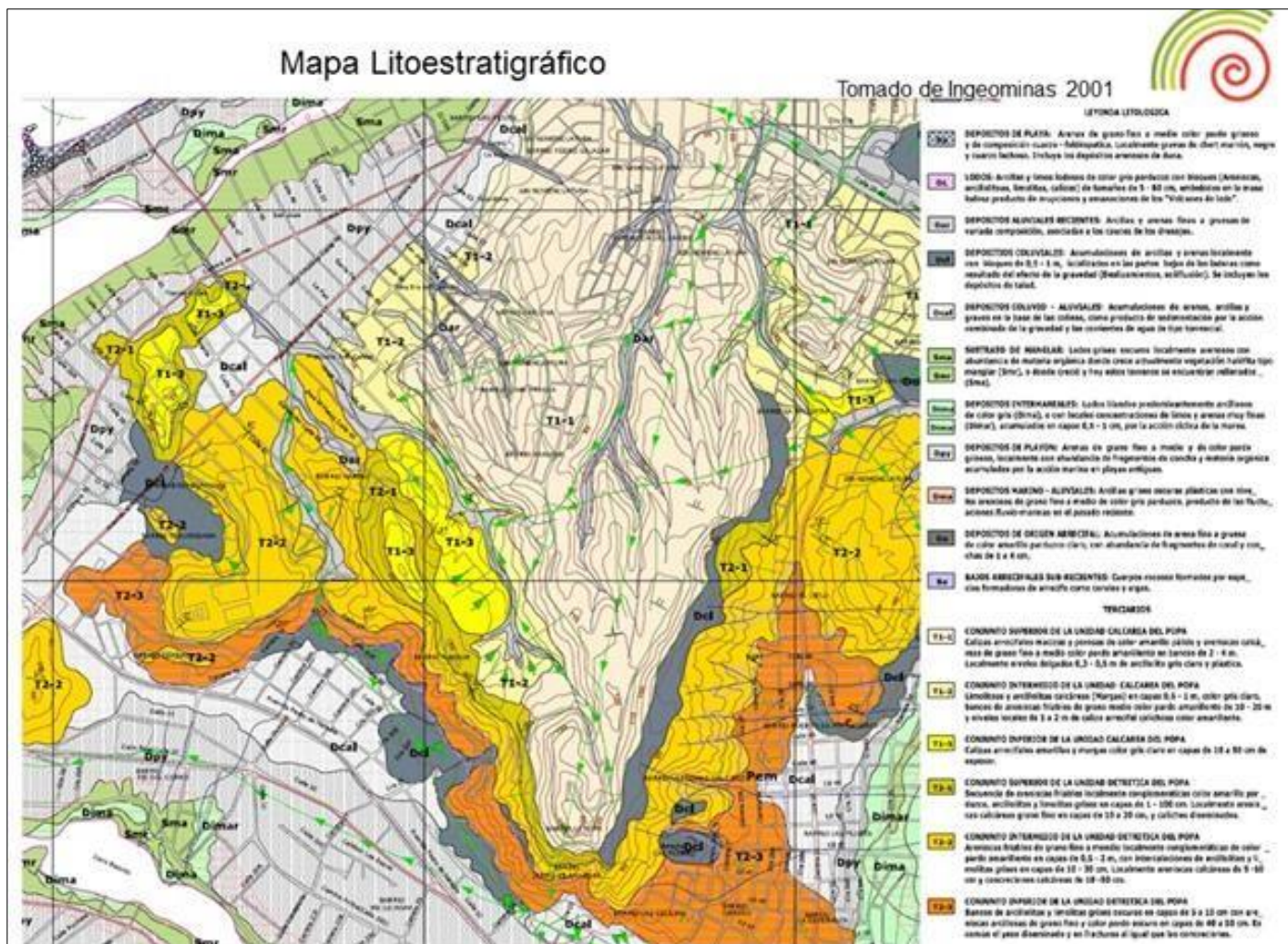


2. INFORMACIÓN BASE

Mapa Litoestratigráfico del cerro de la Popa

Recopilación de
Información
secundaria

Componente
Geológico -
Geomorfológico



Fuente: Tomado de INGEOMINAS, 2001.

**ESTUDIO DETALLADO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA EN
UN ÁREA DEL SECTOR ORIENTAL DEL CERRO DE LA POPA**

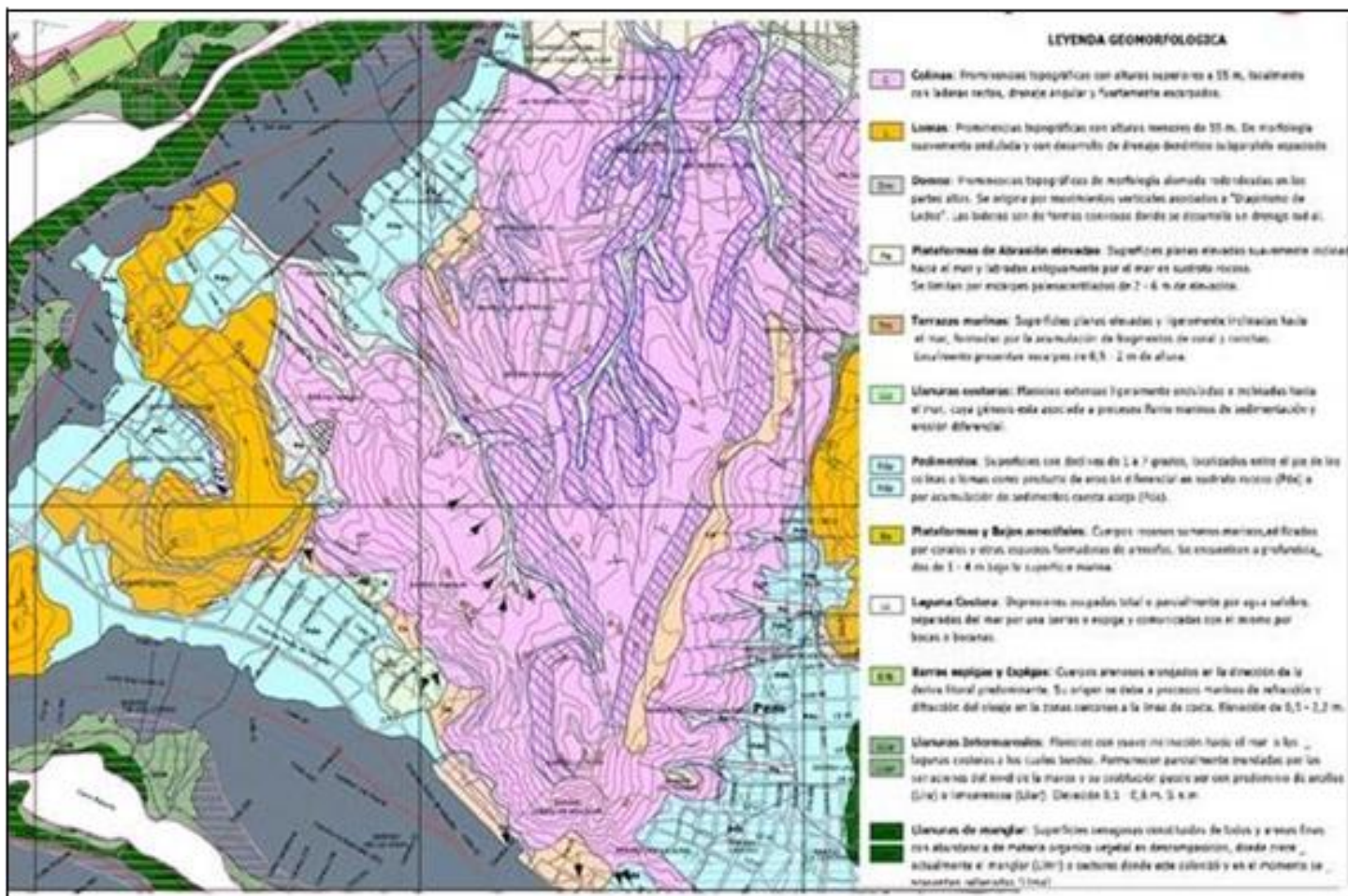


2. INFORMACIÓN BASE

Mapa Morfológico del cerro de la Popa

Recopilación de
Información
secundaria

Componente
Geológico -
Geomorfológico



Fuente: Tomado de INGEOMINAS, 2001.



2. INFORMACIÓN BASE

Recopilación de
Información
secundaria

Componente
Hidrológico



- Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, del Servicio Geológico Colombiano, 2016.
- Plan Distrital de Gestión del Riesgo Cartagena de Indias, 2013 - Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias D.T.C.
- Plan Maestro de Drenajes Pluviales del Distrito de Cartagena, 2007 - Documento de Diagnóstico.
- Zonificación geotécnica y aptitud y usos del suelo, casco urbano de Cartagena. Ingeominas, 2000.
- Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito de Cartagena, 2001.
- Información climatológica estación aeropuerto Rafael Núñez.
- Curvas IDF de la estación aeropuerto Rafael Núñez.

Fuente: Edwin Martínez – Universidad de Cartagena, 2021.

**ESTUDIO DETALLADO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA EN
UN ÁREA DEL SECTOR ORIENTAL DEL CERRO DE LA POPA**



2. INFORMACIÓN BASE

Recopilación de
Información
secundaria

Componente de
Cobertura y Uso
del Suelo

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia	Familia	Especie	Nombre común	Abundancia
Zygophyllaceae	Bulnesia arbórea	Guayacán de bola	49	Fabaceae	Pithecelobium dulce	Pinta canillo	3
Capparaceae	Cynophalla linearis	Olivo macho	18	Capparaceae	Quadralla indica	Olivo	3
Capparaceae	Monilicarpa tenuisilqua	Desconocido	18	Bignoniaceae	Tecoma stans	Tañahuat	3
Ehrentiaceae	Bourreria exsucca	Uvito macho	16	Cactaceae	Cereus repandus	Cactus	2
Fabaceae	Gliricidia sepium	Matarratón	16	Fabaceae	Coursetia ferruginea	Bálsamo	2
Fabaceae	Platymiscium pinnatum	Corazón fino	14	Malvaceae	Pseudobombax septenatum	Majagua	2
Salicaceae	Casearia praecox	Guayabita de monte	13	Capparaceae	Quadralla odoratissima	Olivo	2
Burseraceae	Bursera simaruba	Resbala mono	12	Simaroubaceae	Simarouba amara	Aceituno	2
Capparaceae	Morisonia americana	Huevo de burro	8	Malvaceae	Ceiba pentandra	Bonga	1
Apocynaceae	Aspidosperma polyneuron	Carreto	7	Boraginaceae	Cordia alba	Uvito	1
Boraginaceae	Cordia dentata	Uvito	6	Capparaceae	Cynophalla flexuosa	Sietenudos	1
Cactaceae	Pereskia guamacho	Guamacho	5	Nyctaginaceae	Guapira pacurero	Guapira	1
Fabaceae	Prosopis juliflora	Trupillo	5	Bignoniaceae	Handroanthus serratifolius	Polvillo	1
Cactaceae	Acanthocereus tetragonus	Pitajaya	3	Cactaceae	Opuntia caracasana	Tuna	1
Anacardiaceae	Astronium graveolens	Cruceto	3	Fabaceae	Senna bacillaris	Chivato	1
Euphorbiaceae	Manihot carthaginensis	Yuca cartagenera	3				

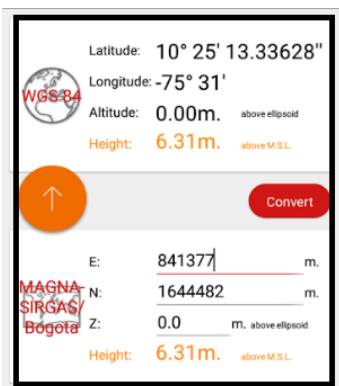
Fuente: Estudios de estabilidad de laderas y diseño de obras de mitigación para sector del Salto del Cabrón del Cerro de La Popa, Distrito de Cartagena



2. INFORMACIÓN BASE

Especificaciones del Phantom 4 RTK

Levantamiento Topográfico



Latitude: 10° 25' 13.33628"
Longitude: -75° 31'
Altitude: 0.00m. above ellipsoid
Height: 6.31m. above M.S.L.
Convert
E: 841377 m.
N: 1644482 m.
Z: 0.0 m. above ellipsoid
Height: 6.31m. above M.S.L.

Coordenadas Polares de la Zona de Estudio

Peso al despegar	1391 g
Distancia Diagonal	350 mm
Techo de servicio máximo sobre el nivel del mar	19685 pies (6000 m)
Velocidad máxima de ascenso	6 m / s (vuelo automático); 5 m / s (control manual)
Velocidad máxima de descenso	3 m / s
Máxima velocidad	31 mph (50 kph) (modo P) 36 mph (58 kph) (modo A)
Tiempo máximo de vuelo	Aprox. 30 minutos
Rango de temperatura de funcionamiento	32 ° a 104 ° F (0 ° a 40)
Frecuencia de operación	2.400 GHz a 2.483 GHz (Europa, Japón, Corea) 5.725 GHz a 5.850 GHz (Estados Unidos, China)
Potencia de Transmisión (EIRP)	2.4 GHz CECE (Europa) / MIC (Japón) / KCC (Corea): <20 dBm 5.8 GHz SRRC (China) / FCC (Estados Unidos) / (Taiwán, China) : <26 dBm
Rango de precisión de la libración	RTK habilitado y funcionando correctamente : Vertical: ± 0.1 m ; Horizontal: ± 0.1 m RTK deshabilitado Vertical: ± 0.1 m (con posicionamiento visual) ± 0.5 m (con posicionamiento GNSS) Horizontal: ± 0.3 m (con posicionamiento visual) ; ± 1.5 m (con posicionamiento GNSS)
Desplazamiento de la posición de la imagen	La posición del centro de la cámara es relativa al centro de fase de la antena D-RTK a bordo debajo del eje del cuerpo del avión: (36, 0 y 192 mm) ya aplicado a las coordenadas de la imagen en datos Exif. Los ejes positivo x, y y z del cuerpo de la aeronave apuntan hacia adelante, hacia la derecha y hacia abajo de la aeronave, respectivamente.

Fuente: COSOLA GROUP S.A.C Tomado y traducido de la página oficial DJI, 2021.

Especificaciones Estación Móvil GNSS de alta precisión D-RTK 2

Frecuencia GNSS	Reciba simultáneamente : GPS: L1 C / A, L2, L5 BEIDOU: B1, B2, B3 GLONASS: F1, F2 Galileo: E1, E5A, E5B
Precisión de posicionamiento	Punto único horizontal: 1.5 m (RMS) Vertical: 3.0 m (RMS) RTK Horizontal: 1 cm + 1 ppm (RMS) Vertical: 2 cm + 1 ppm (RMS) 1 ppm: Por cada 1 km de aumento en la distancia, la precisión será 1 mm menos. Por ejemplo, la precisión horizontal es de 1.1 cm cuando el extremo receptor está a 1 km de distancia de la estación base.
Tasa de actualización de posicionamiento	1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz y 20 Hz
Inicio fresco	< 45 s
Arranque en caliente	< 10 s
Tiempo de recaptura	< 1 s
Inicialización Fiabilidad	> 99.9%
Formato de datos diferenciales	RTCM 2.X / 3.X

Fuente: COSOLA GROUP S.A.C Tomado y traducido de la página oficial DJI, 2021



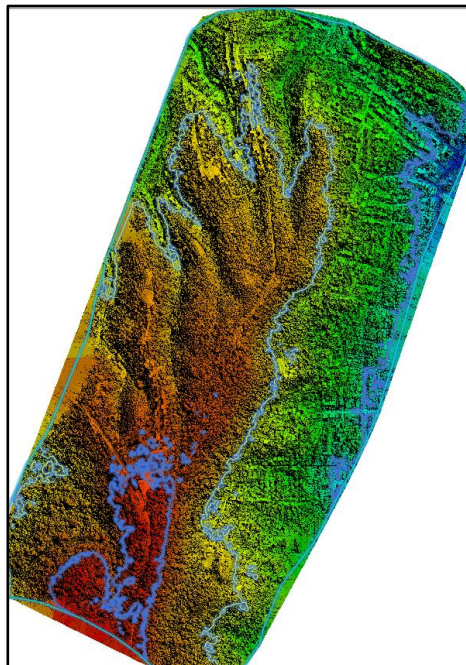
2. INFORMACIÓN BASE

Levantamiento Topográfico

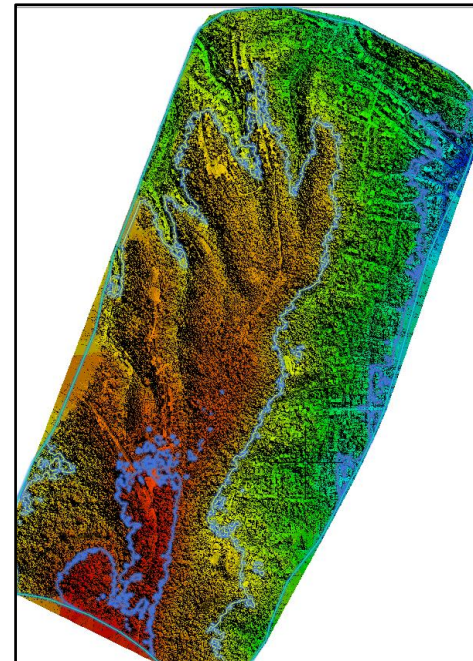
Ortofoto General



Ortofoto de elevación, curvas de nivel del modelo digital de superficie (DSM)



Ortofoto de elevación y curvas de nivel del modelo digital del terreno (DTM)

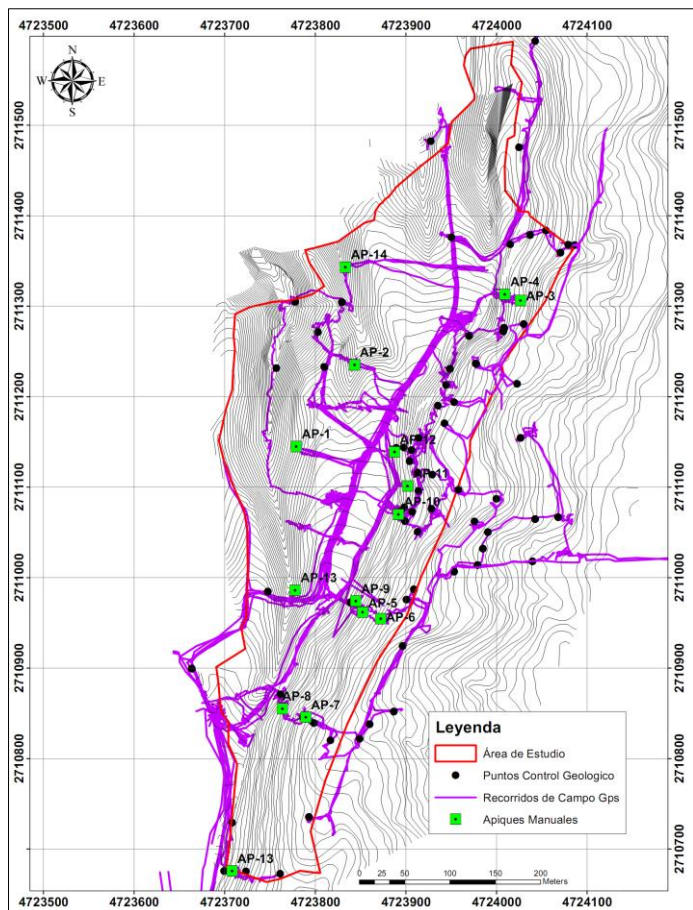


Fuente: Universidad de Cartagena – Guzmán, José. 2021.



2. INFORMACIÓN BASE

Geología para Ingeniería



Fuente: Pinto, B & Mora, C – Universidad de Cartagena, 2021.

Apique # 1. Suelo residual de caliza. Coordenadas X: 4'723.779 m; Y: 2'711.145 m



Apique # 14. Caliza terrosa poco compacta aspecto masivo. Coordenadas X: 4'723.833 m; Y: 2'711.343 m





2. INFORMACIÓN BASE

Geología para Ingeniería

Nivel de Limos arenosos Superiores (Lim_Sup)



Afloramiento de los Limos arenosos en la ladera oriental del área.
Coordenadas X: 4'723.909 m; Y: 2'711.114 m

Nivel de Caliza Coralina (Clza)



Apiques para control litológico de la Caliza coralina, costado occidental del área. Coordenadas X: 4'723.773 m; Y: 2'711.149 m.

Fuente: Pinto, B & Mora, C – Universidad de Cartagena, 2021.



2. INFORMACIÓN BASE

Geología para Ingeniería

Cicatriz de deslizamiento principal antiguo



Escarpe deslizamiento en el costado oriental del área de estudio. Coordenadas X: 4'723.913 m; Y: 2'711.117 m y X: 4'723.945 m; Y: 2'711.211 m

Cicatriz de deslizamiento antiguo



Escarpe erosivo en el costado oriental del área de estudio. Coordenadas X: 4'724.003 m; Y: 2'711.275 m.

Fuente: Pinto, B & Mora, C – Universidad de Cartagena, 2021.



2. INFORMACIÓN BASE

Geología para Ingeniería

Escarpes erosivos



Escarpe erosivo en el costado oriental del área de estudio.
Coordenadas X: 4'724.003 m; Y: 2'711.275 m



Escarpes deslizamientos activos



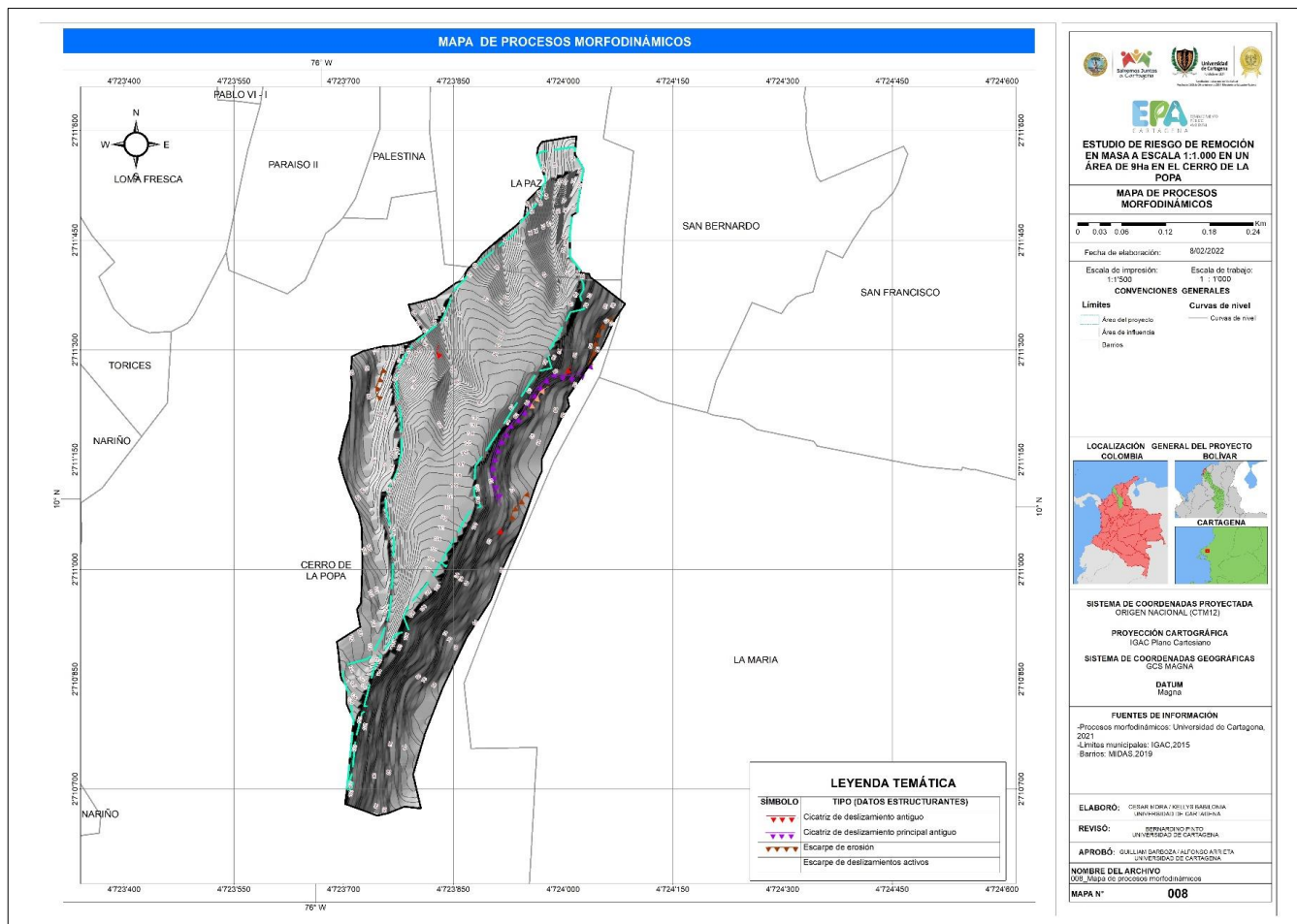
Escarpes de deslizamientos activos en el costado oriental y al norte del área de estudio. Coordenadas X: 4'723.967 m; Y: 2'711.239 m

Fuente: Pinto, B & Mora, C – Universidad de Cartagena, 2021.

2. INFORMACIÓN BASE

Geología para Ingeniería

Procesos Morfodinámicos



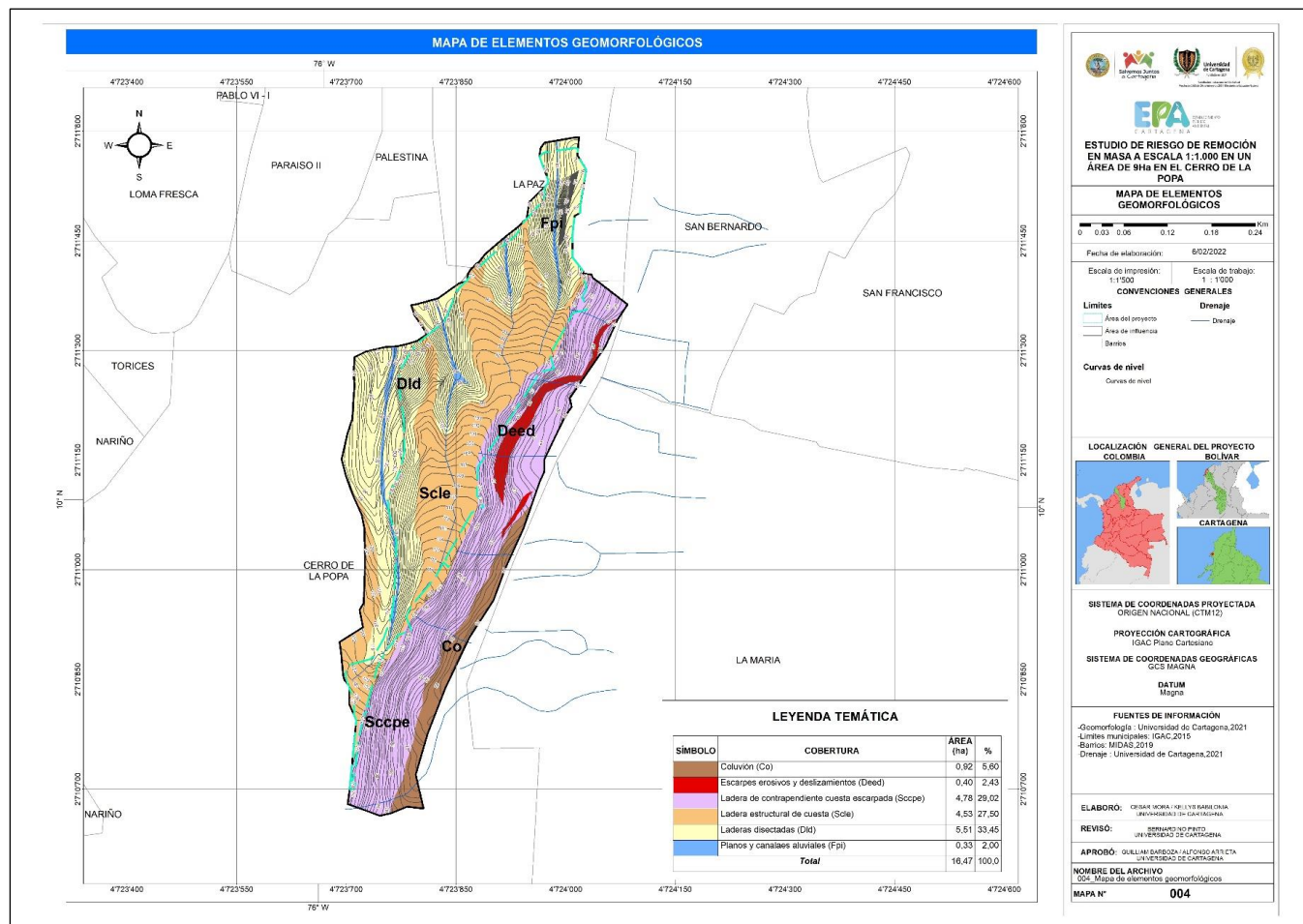
Fuente: Pinto, B & Mora, C – Universidad de Cartagena, 2021.

ESTUDIO DETALLADO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA EN UN ÁREA DEL SECTOR ORIENTAL DEL CERRO DE LA POPA

2. INFORMACIÓN BASE

Geología para Ingeniería

Elementos Geomorfológicos



Fuente: Pinto, B & Mora, C – Universidad de Cartagena, 2021.

**ESTUDIO DETALLADO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA EN
UN ÁREA DEL SECTOR ORIENTAL DEL CERRO DE LA POPA**



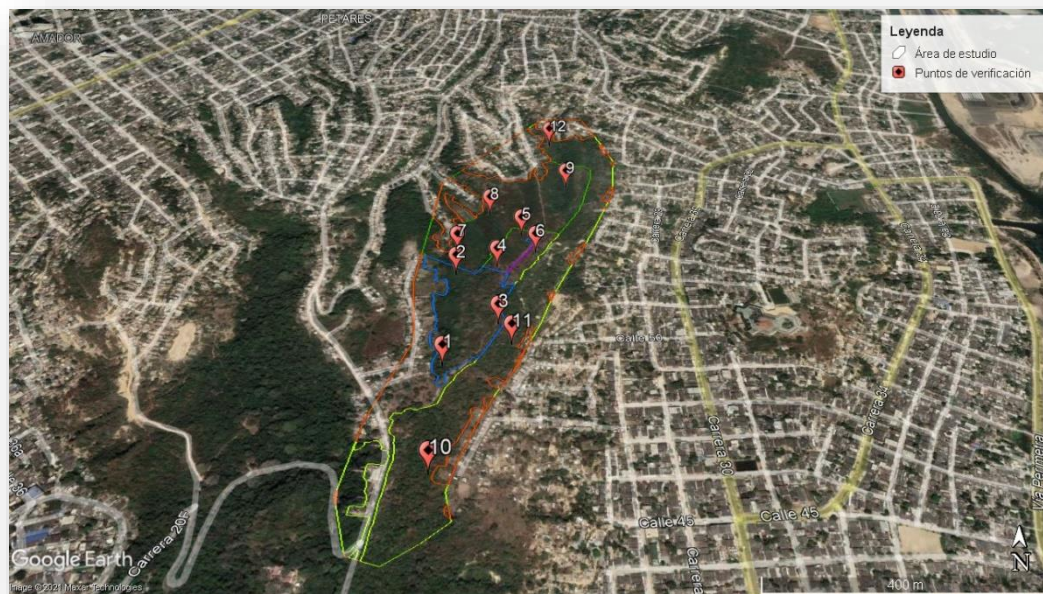
2. INFORMACIÓN BASE

Cobertura y Uso del Suelo

Coordenadas de los puntos de verificación de coberturas en campo

Punto	Cobertura	Este	Norte
Punto 1	Mosaico de pastos y espacios naturales	4723775.367	2710962.764
Punto 2	Mosaico de pastos y espacios naturales	4723787.513	2711181.162
Punto 3	Mosaico de pastos y espacios naturales	4723867.881	2711055.840
Punto 4	Plantación forestal	4723863.545	2711198.698
Punto 5	Plantación forestal	4723908.920	2711285.734
Punto 6	Pastos arbolados	4723935.590	2711238.172
Punto 7	Vegetación secundaria baja	4723787.318	2711239.133
Punto 8	Vegetación secundaria baja	4723846.658	2711346.967
Punto 9	Vegetación secundaria baja	4723999.416	2711427.947
Punto 10	Bosque denso bajo	4723766.451	2710751.089
Punto 11	Bosque denso bajo	4723891.930	2711009.073
Punto 12	Bosque denso bajo	4723968.695	2711571.790

Localización de los 12 puntos de verificación de coberturas en campo



Fuente: López Orozco, Carlos – Universidad de Cartagena, 2021



2. INFORMACIÓN BASE

Cobertura y Uso del Suelo

Caracterización de la Vegetación

Cobertura					Área (ha)	Área (%)
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5		
1. TERRITORIOS ARTIFICIALES	1.2. Zonas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	-	-	6,703	27,22
	2.3. Pastos	2.3.2. Pastos arbolados	-	-	0,434	1,76
2. TERRITORIOS AGRICOLAS	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.1. Mosaico de cultivos	-	-	0,193	0,79
		2.4.5. Mosaico de cultivos y espacios naturales	-	-	2,787	11,32
		3.1.1. Bosque denso	3.1.1.2. Bosque denso bajo	-	8,585	34,87
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	3.1 Bosques	3.1.5. Plantación forestal			0,630	2,56
	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	-	5,291	21,49
TOTAL					24,624	100,0

Fuente: López Orozco, Carlos – Universidad de Cartagena, 2021



2. INFORMACIÓN BASE

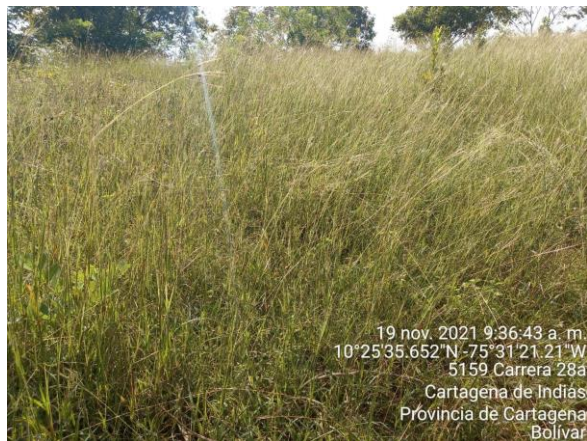
Cobertura de tejido urbano continuo
presente en el área de estudio



Cobertura de Pastos arbolados
presente en el área de estudio



Cobertura de Mosaico de cultivos
presente en el área de estudio



Fuente: López Orozco, Carlos – Universidad de Cartagena, 2021

ESTUDIO DETALLADO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA EN
UN ÁREA DEL SECTOR ORIENTAL DEL CERRO DE LA POPA 20



2. INFORMACIÓN BASE

Cobertura de Mosaico de cultivos y espacios naturales presente en el área de estudio



Cobertura de Bosque denso presente en el área de estudio



Cobertura de Plantación forestal presente en el área de estudio



Fuente: López Orozco, Carlos – Universidad de Cartagena, 2021

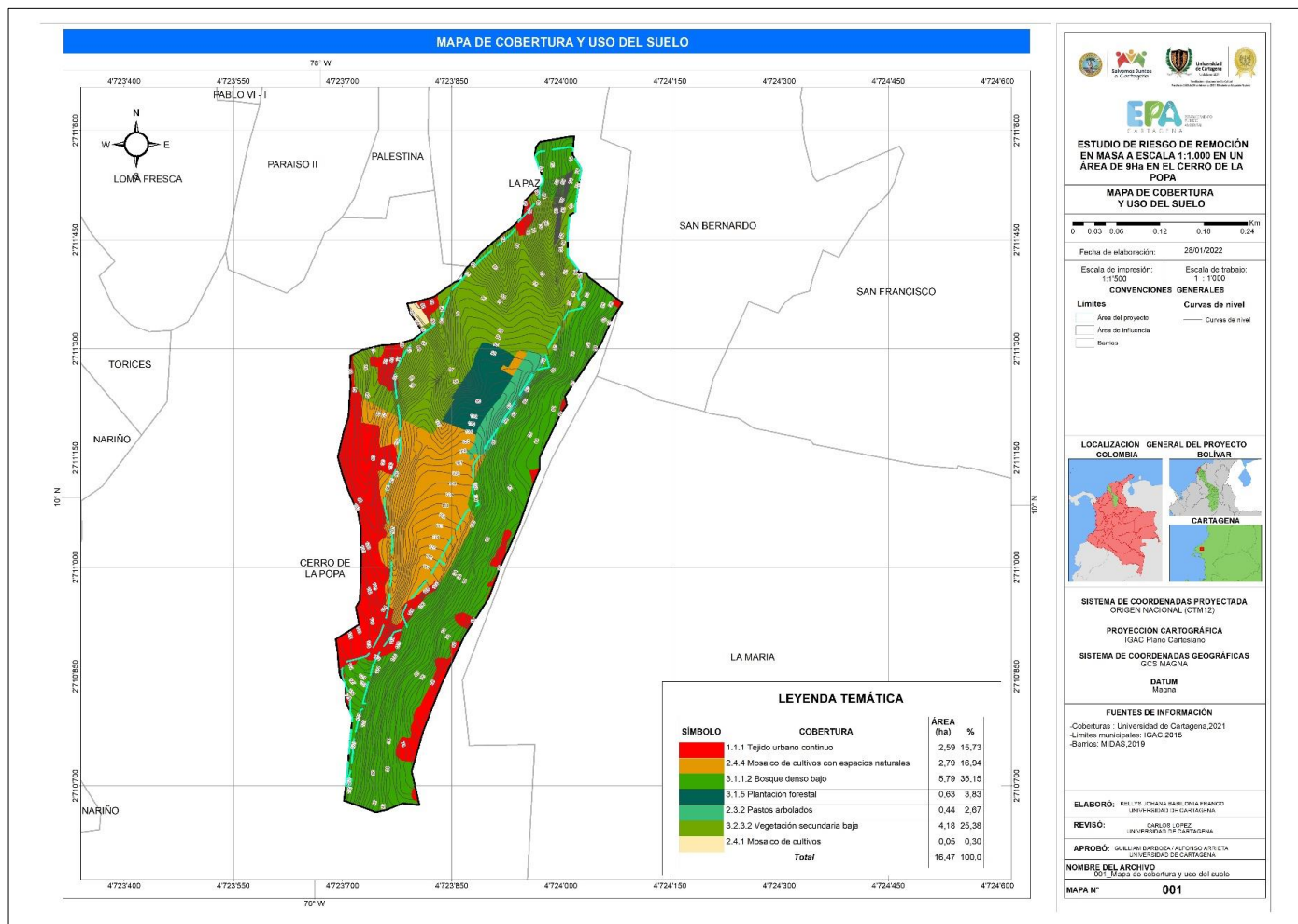
**ESTUDIO DETALLADO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA EN
UN ÁREA DEL SECTOR ORIENTAL DEL CERRO DE LA POPA**



2. INFORMACIÓN BASE

Cobertura y Uso del Suelo

Definiciones de Cobertura y Uso del Suelo



Fuente: López Orozco, Carlos – Universidad de Cartagena, 2021



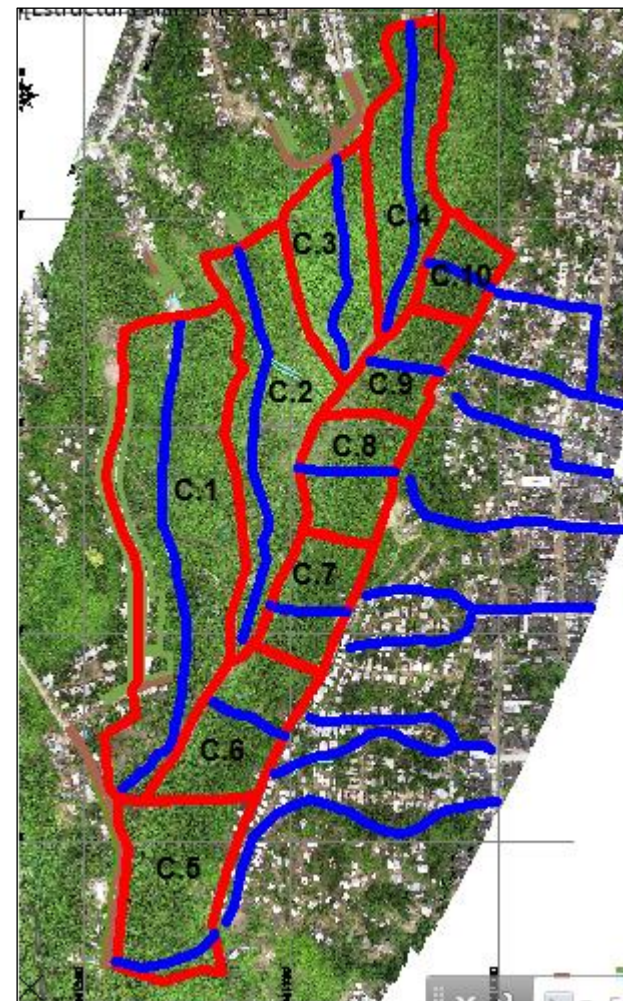
2. INFORMACIÓN BASE

Análisis Hidrológico

Cuenca y subcuencas
del área de influencia
del proyecto

Características morfo métricas de las subcuencas

Subcuenca	Área	Perímetro	Longitud cauce	Cota Sup.	Cota Inf.	Pend.	Índice
	ha	Km	Km	m	m	s	Gravelius
C.1	4.45	1.11	0.48	127.00	72.00	0.11	1.48
C.2	2.57	0.96	0.39	117.00	75.00	0.11	1.68
C.3	1.42	0.54	0.21	99.00	74.00	0.12	1.27
C.4	1.67	0.57	0.24	96.00	56.00	0.16	1.25
C.5	1.72	0.67	0.12	124.00	78.00	0.37	1.44
C.6	1.33	0.56	0.10	116.00	64.00	0.52	1.37
C.7	0.89	0.47	0.11	116.00	66.00	0.46	1.41
C.8	1.03	0.46	0.11	106.00	62.00	0.41	1.28
C.9	0.80	0.46	0.08	98.00	56.00	0.53	1.46
C.10	0.59	0.34	0.07	90.00	50.00	0.60	1.23



Fuente: Martínez, Edwin – Universidad de Cartagena, 2021.



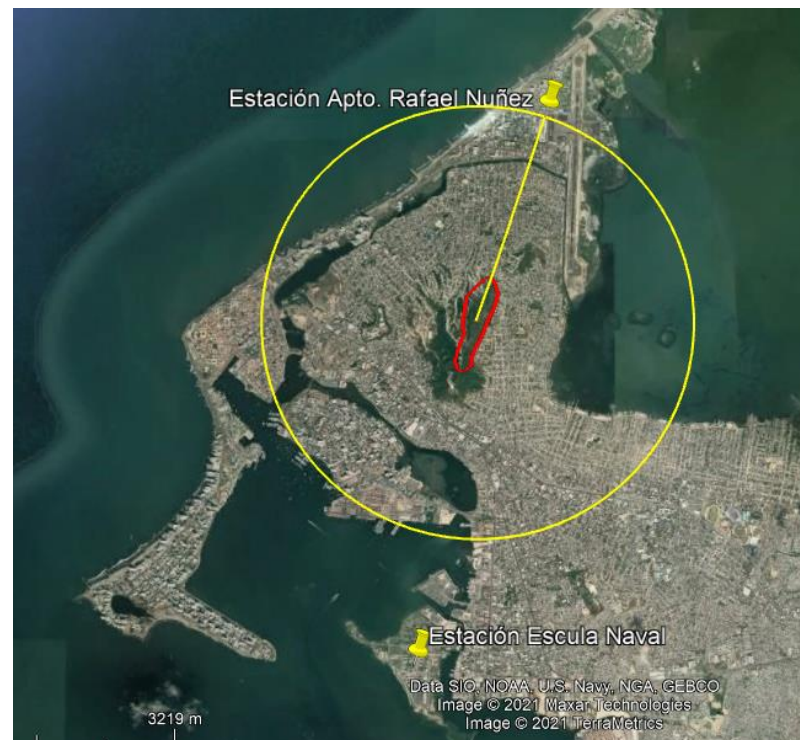
2. INFORMACIÓN BASE

Análisis Hidrológico

Estimación del tiempo de concentración en cada subcuenca

Cuenca	Longitud Km	Cota Sup. m	Cota Inf. m	Pend. m/m	Tc					
					(Vel.)	(Kirpich)	(California)	(Temez)	(promedio)	(Recomendado)
					Min	Min	Min	Min	Min	Min
C.1	0.48	127.00	72.00	0.11	5.33	5.23	5.24	10.86	6.67	6.67
C.2	0.39	117.00	75.00	0.11	4.42	4.53	8.95	9.32	6.80	6.80
C.3	0.21	99.00	74.00	0.12	2.22	2.66	4.88	5.64	3.85	5.00
C.4	0.24	96.00	56.00	0.16	2.23	2.68	4.91	6.01	3.96	5.00
C.5	0.12	124.00	78.00	0.37	0.76	1.17	1.93	3.09	1.74	5.00
C.6	0.10	116.00	64.00	0.52	0.52	0.87	1.39	2.46	1.31	5.00
C.7	0.11	116.00	66.00	0.46	0.59	0.96	1.56	2.67	1.44	5.00
C.8	0.11	106.00	62.00	0.41	0.62	1.00	1.62	2.71	1.49	5.00
C.9	0.08	98.00	56.00	0.53	0.40	0.72	1.12	2.05	1.07	5.00
C.10	0.07	90.00	50.00	0.60	0.32	0.60	0.93	1.77	0.91	5.00

Localización de la estación Aeropuerto Rafael Núñez.



Estación	Código	Categoría	Departamento	Municipio	Coordenadas		Altura m.s.n.m
					Latitud	Longitud	
Apto. Rafael Núñez	14015080	Sinóptica Principal	Bolívar	Cartagena de Indias	10.44725°	-75.51602°	2

Fuente: Martínez, Edwin – Universidad de Cartagena, 2021.



2. INFORMACIÓN BASE

Geotecnia

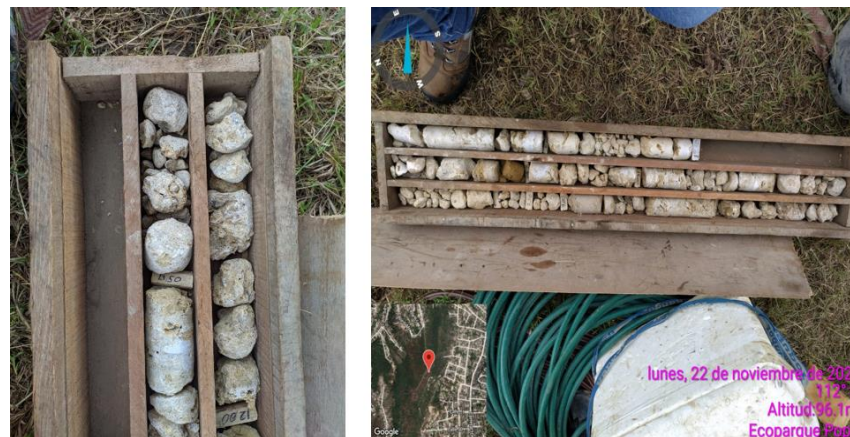
Equipo de Perforación operando en la zona de Estudio



Demarcación de la Profundidad de las muestras



Almacenamiento de Muestras de la Perforación





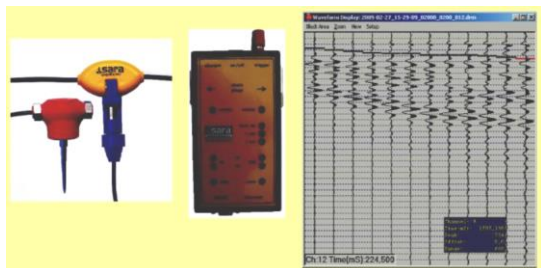
2. INFORMACIÓN BASE

Geotecnia

Sismógrafo SR04S3 GeoBox de Sara Electronic Instruments



Sismógrafo DoReMi de Sara Electronic Instruments



Fuente:

http://www.sara.pg.it/documents/commercial/S_S_DOREMI_DATASHEET_EN.pdf.

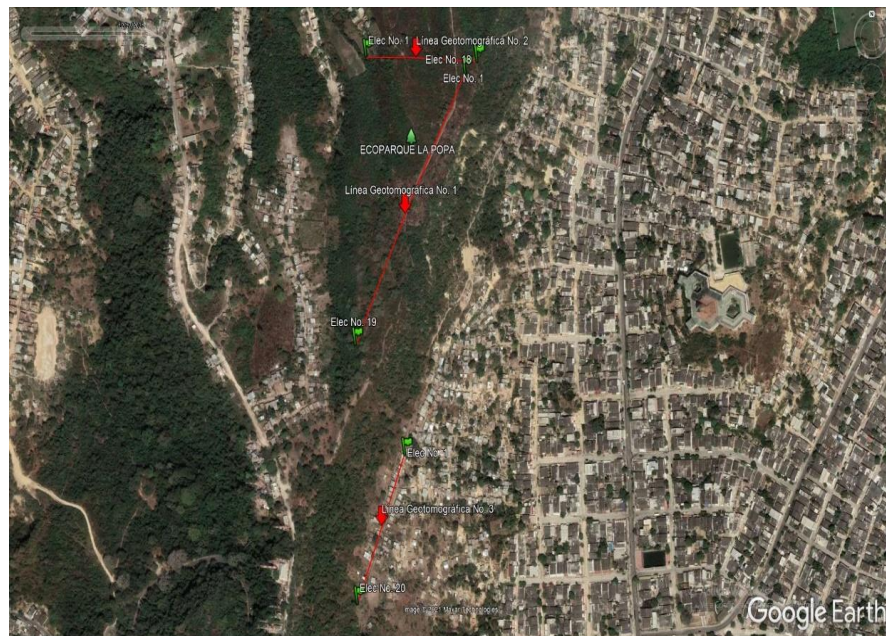
Líneas sísmicas



Fuente: Universidad de Cartagena – Campo, Wilder, 2021.



2. INFORMACIÓN BASE



Localización de las Líneas de Geotomografía de Resistividad Eléctrica.

CODIGO	COORD. N	COORD. W	ALTURA GPS
Geotomografía de Resistividad Eléctrica No. 1			
Electrodo No. 1	10°25'37.77"	75°31'19.99"	96
Electrodo No. 19	10°25'27.47"	75°31'25.52"	108
Geotomografía de Resistividad Eléctrica No. 2			
Electrodo No. 1	10°25'38.42"	75°31'24.98"	86
Electrodo No. 18	10°25'38.22"	75°31'19.40"	94
Geotomografía de Resistividad Eléctrica No. 3			
Electrodo No. 1	10°25'23.29"	75°31'23.03"	61
Electrodo No. 20	10°25'17.64"	75°31'25.42"	84

Fuente: Universidad de Cartagena, 2021.



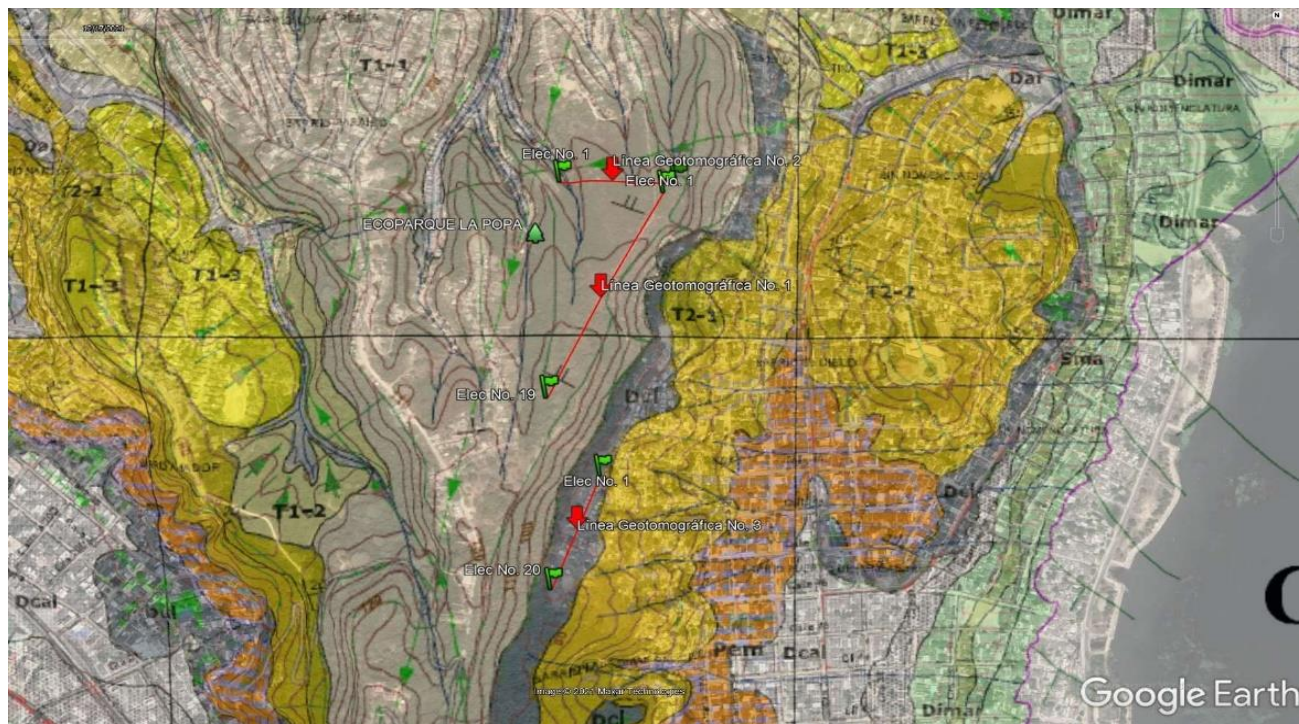
2. INFORMACIÓN BASE

Montaje geológico en el área de estudio.

Geotecnia

En la superposición se observó que las líneas geotomográficas No. 1 y 2, se encuentra sobre el Conjunto Superior de la Unidad Calcárea T1 – 1.

A su vez, la línea No. 3 de Geotomografías se localiza en depósitos Coluviales o Depósitos de Ladera



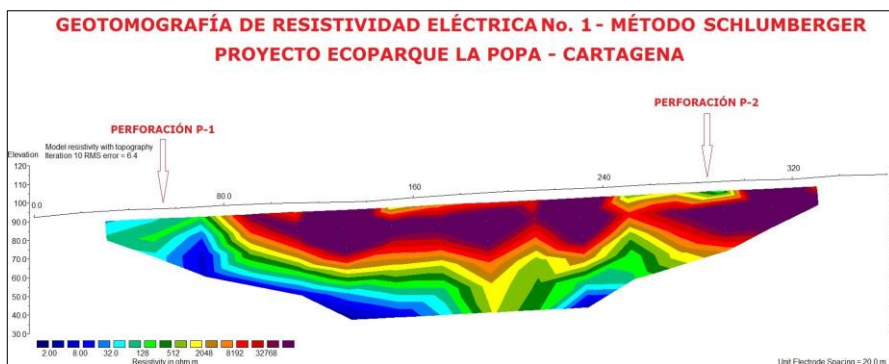
Fuente: Universidad de Cartagena, 2021.



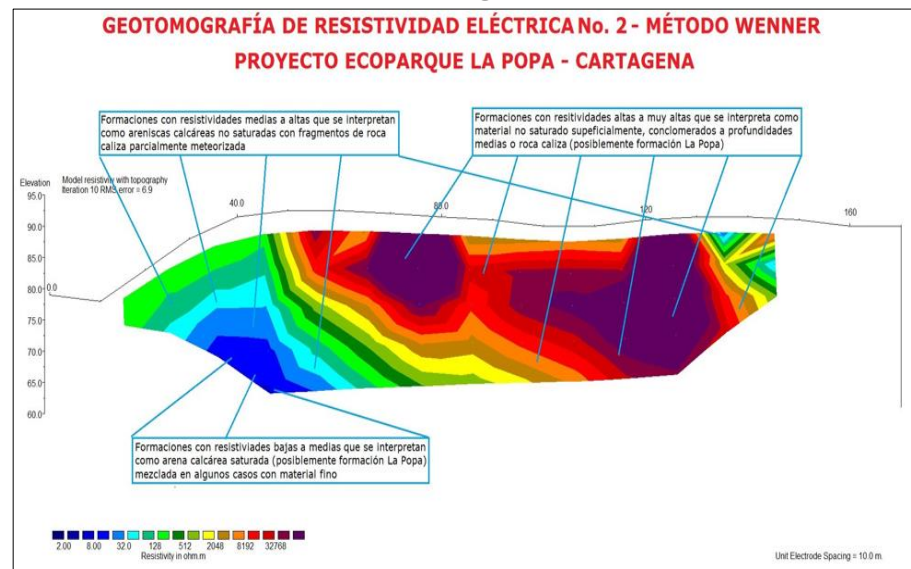
2. INFORMACIÓN BASE

Geotecnia

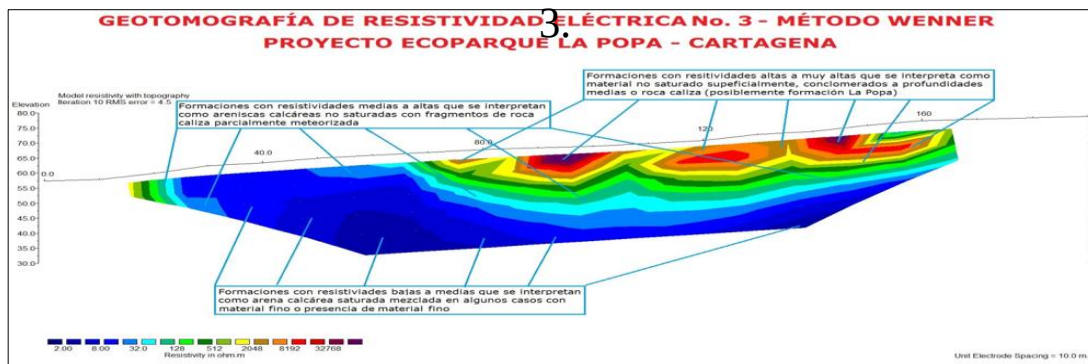
Esquema de correlación con perforaciones -
Geotomografía 1.



Esquema de correlación con perforaciones -
Geotomografía 2.



Esquema de correlación con perforaciones - Geotomografía



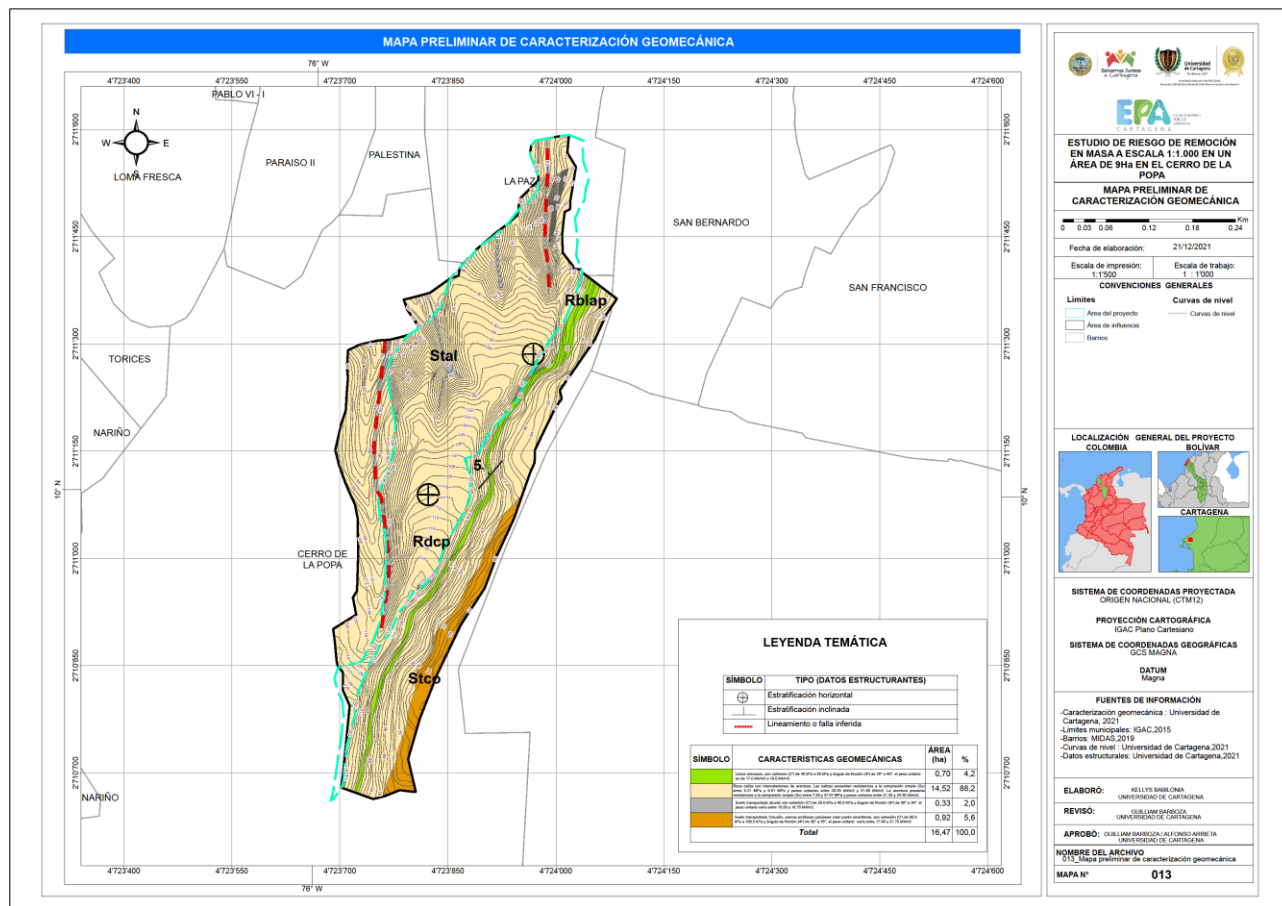
**ESTUDIO DETALLADO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA EN
UN ÁREA DEL SECTOR ORIENTAL DEL CERRO DE LA POPA**



2. INFORMACIÓN BASE

Geotecnia

Mapa de caracterización geomecánica





3. ANÁLISIS DE AMENAZA

INSUMOS MÍNIMOS EXIGIDOS POR EL DECRETO 1077 DE 2015

- Geología para ingeniería y exploración del subsuelo.
- Hidrogeología, con énfasis en comportamiento de los niveles freáticos y la evaluación del drenaje superficial.
- Levantamiento topográfico.

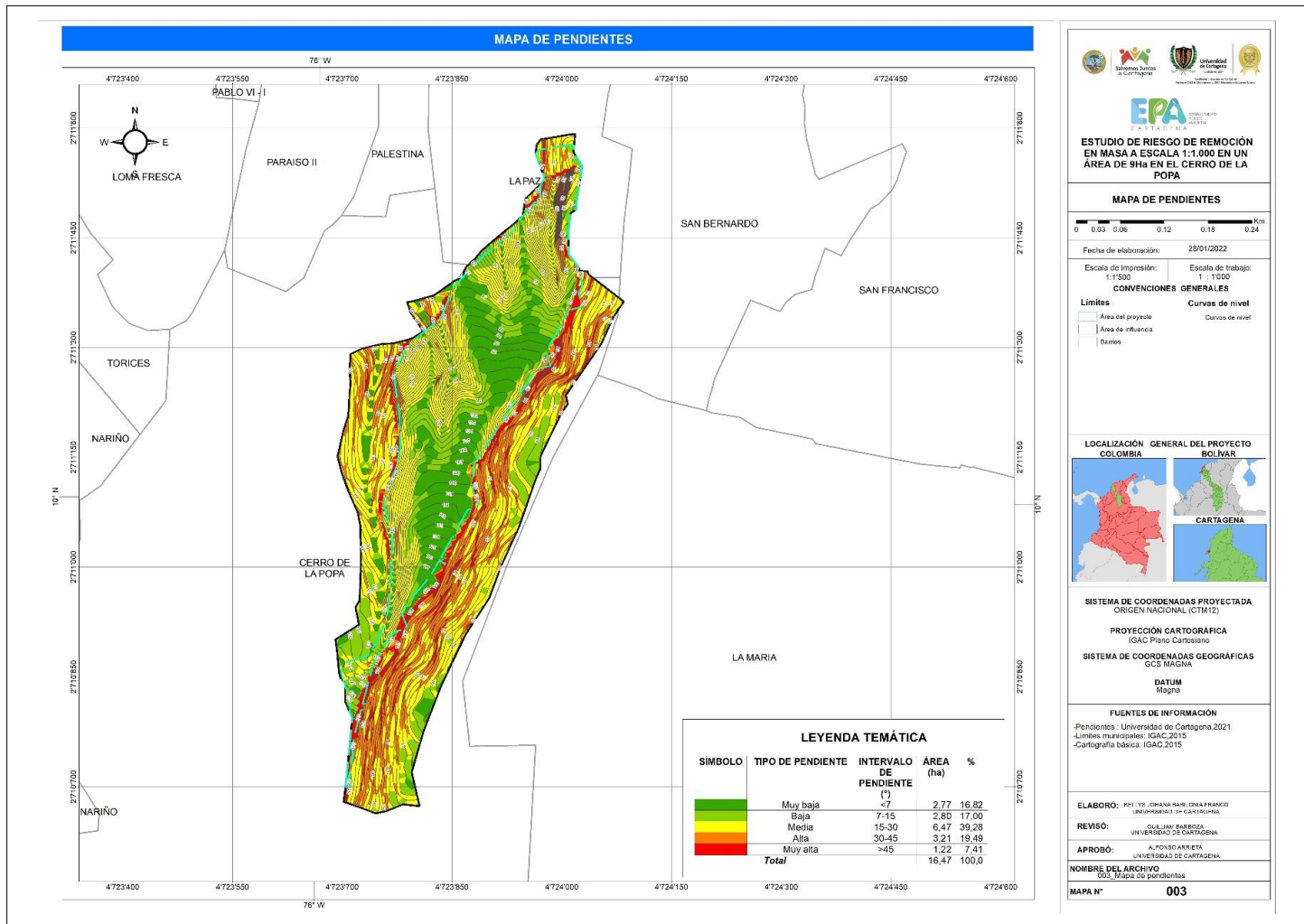
Parámetros condicionantes

Unidad Geológica	Fricción ϕ' :	Cohesión c' (kN/m ²)	Peso unitario γ_t (kN/m ³)
Roca blanda de Limos arenosos (Rblap)	35	40	17
Roca dura de caliza coralina (Rdcp)	30	22	20,35
Suelo transportado aluvial (Stal)	30	20	16,5
Suelo transportado Coluvión (Stco)	30	80	16,5



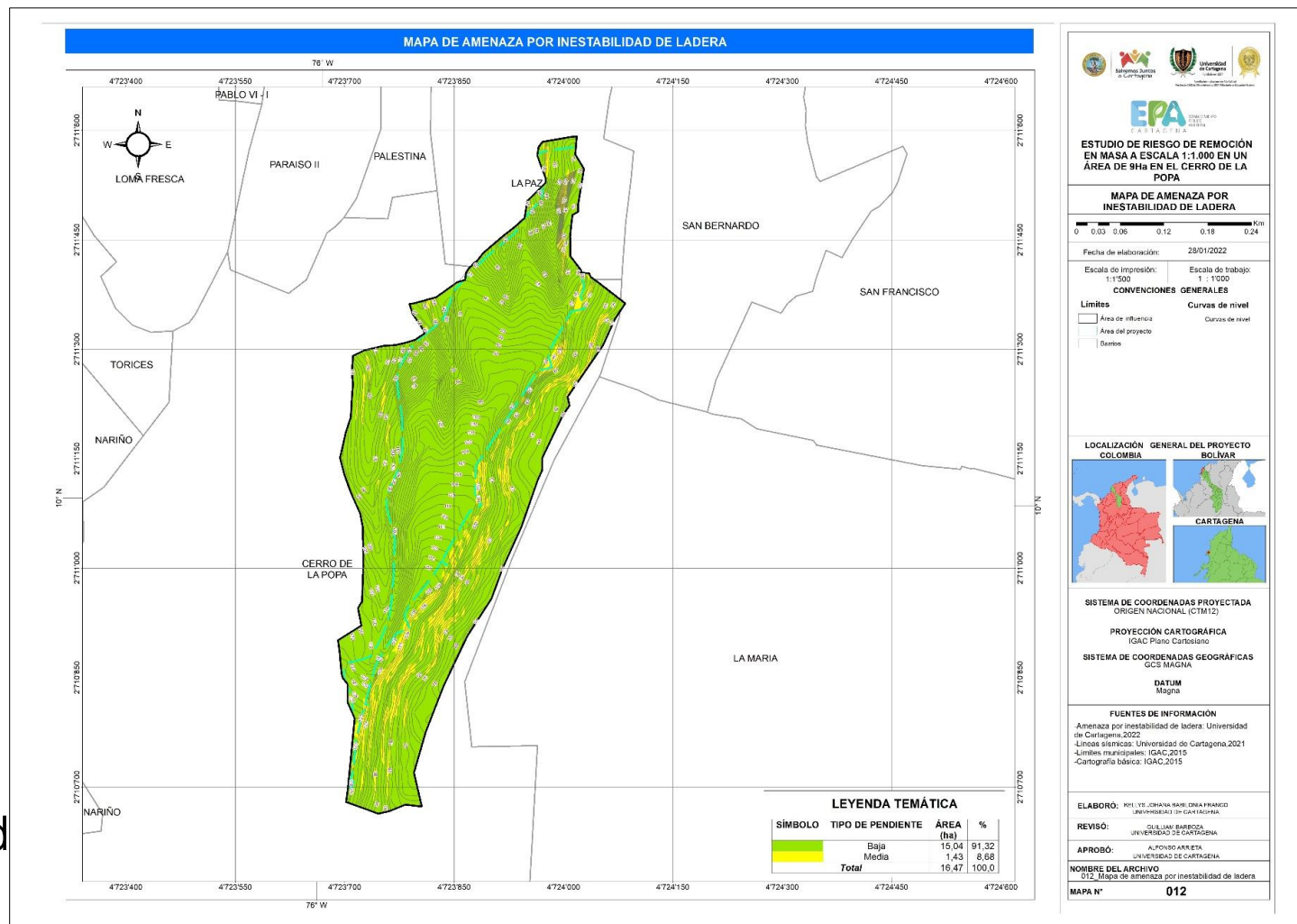
3. ANÁLISIS DE AMENAZA

Mapa de Pendientes





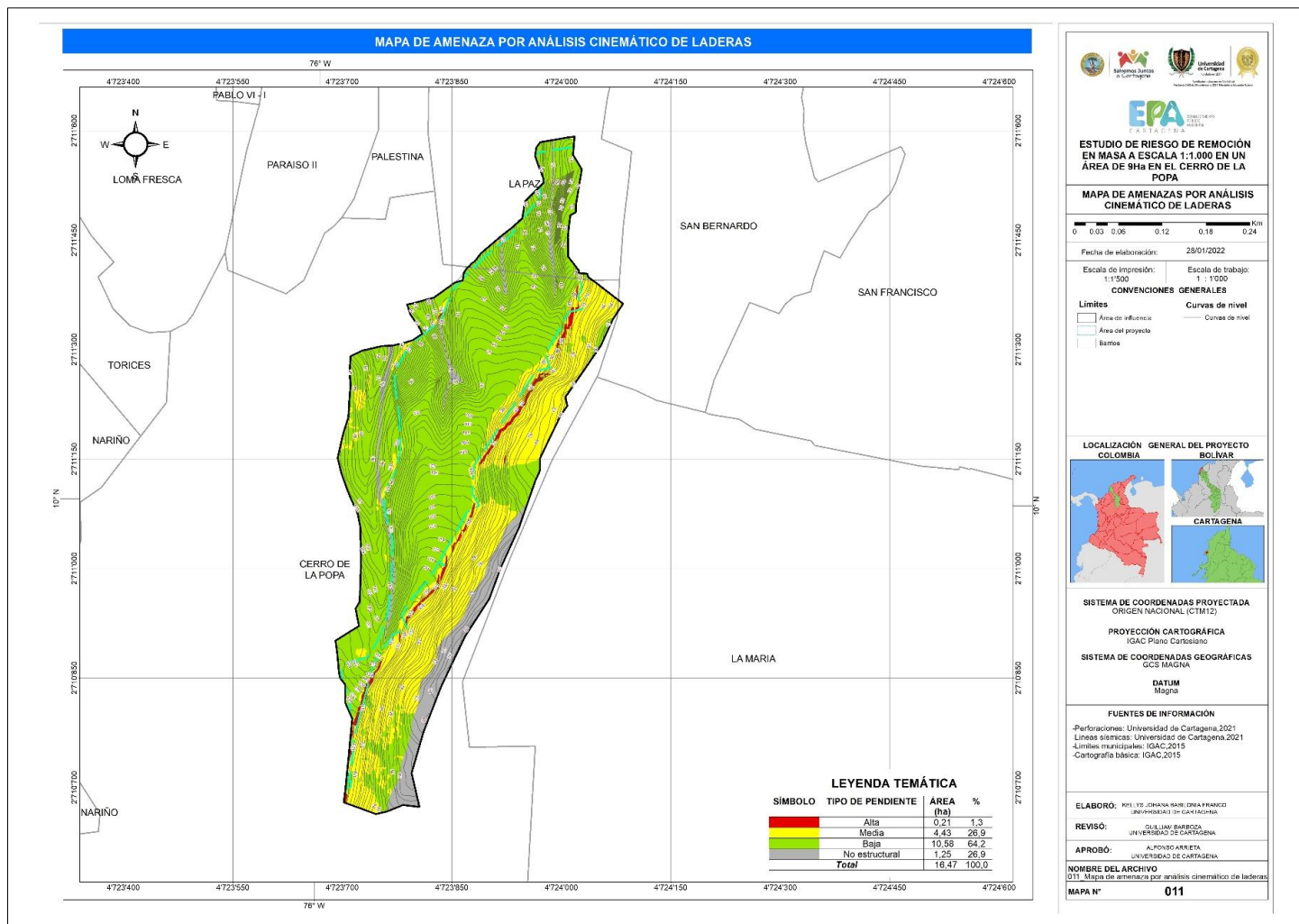
3. ANÁLISIS DE AMENAZA



Mapa de Inestabilidad
de Ladera



3. ANÁLISIS DE AMENAZA

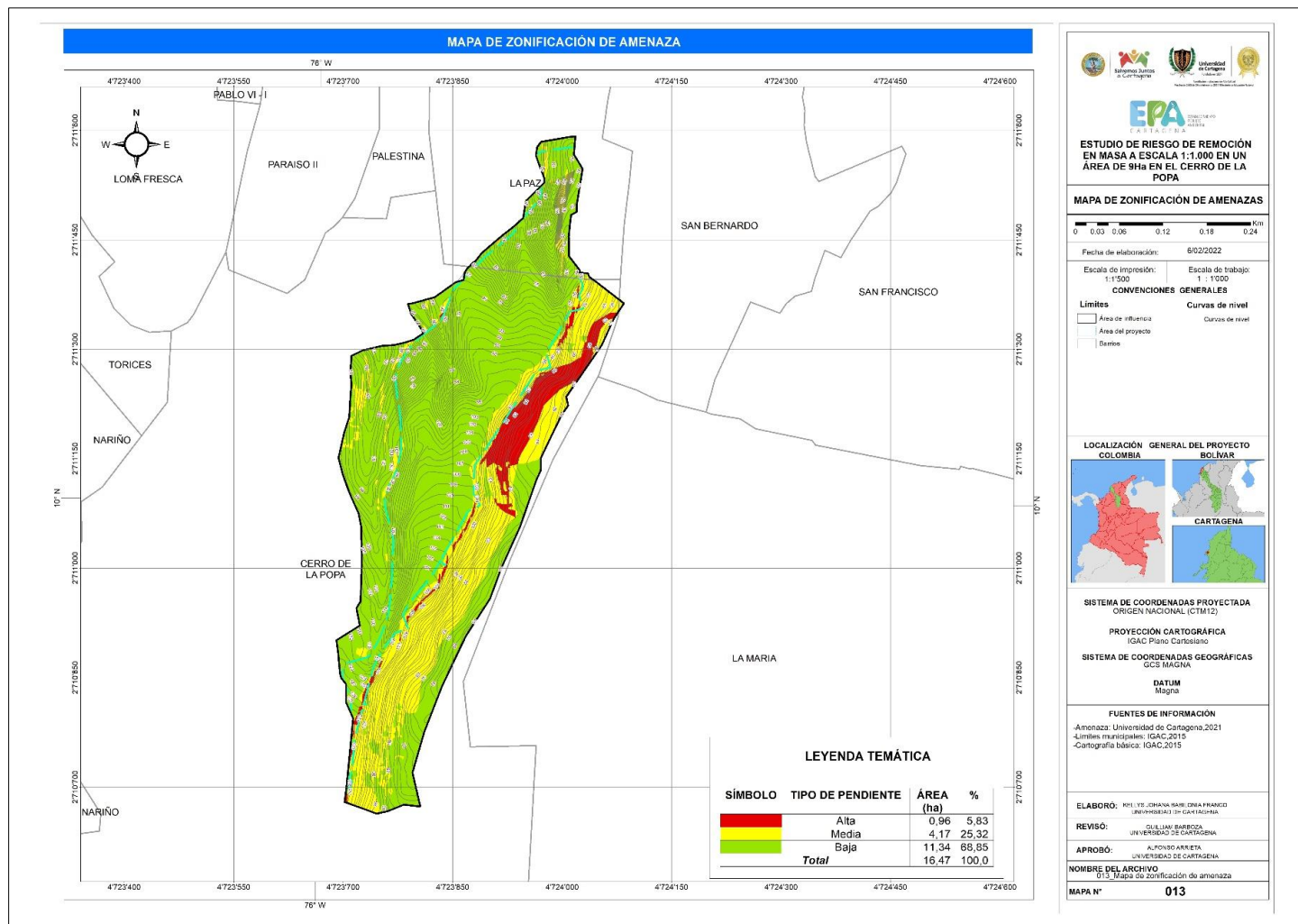


Mapa de Análisis
Cinemático de
Ladera



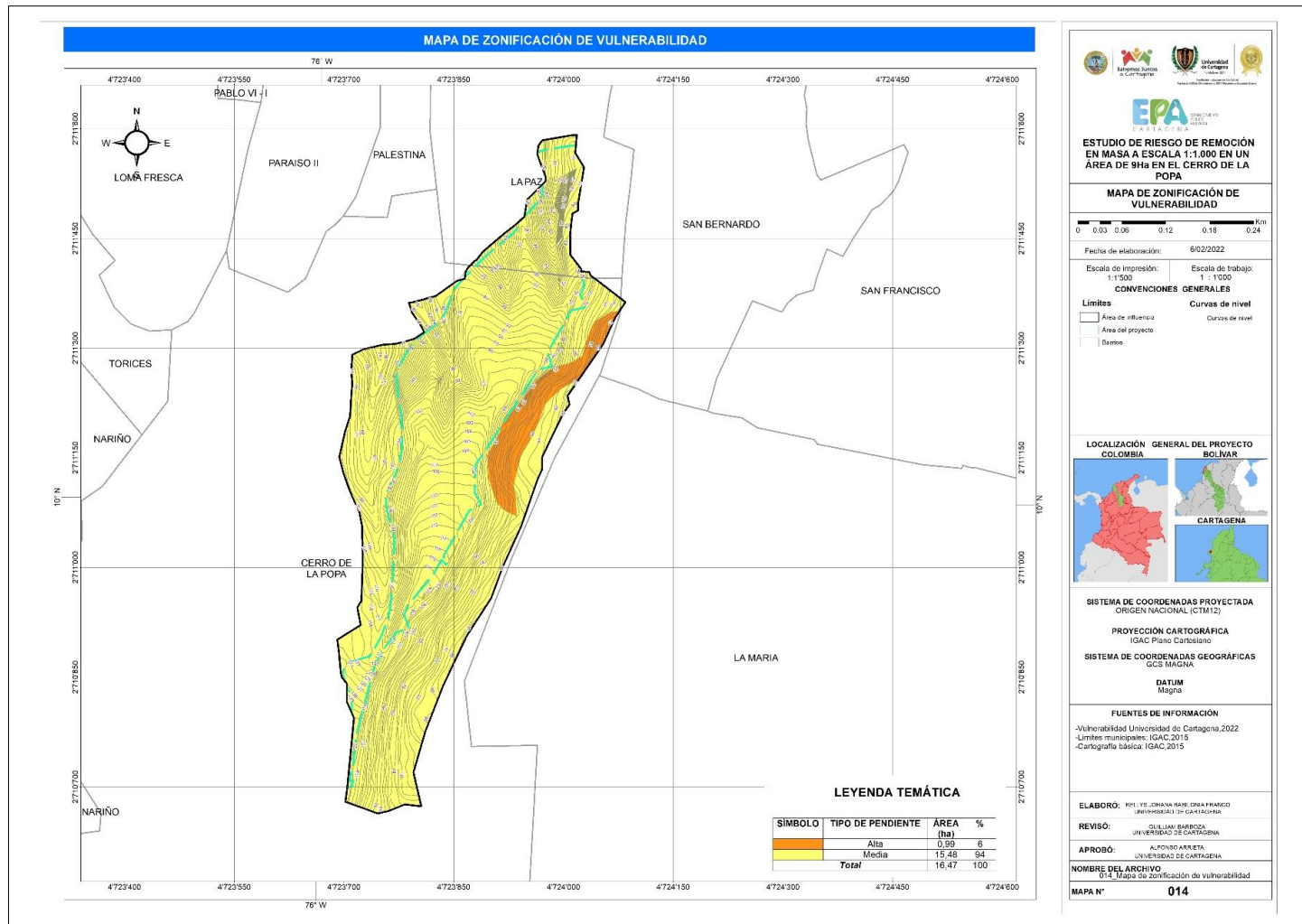
3. ANÁLISIS DE AMENAZA

Mapa de Zonificación de Amenaza





4. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

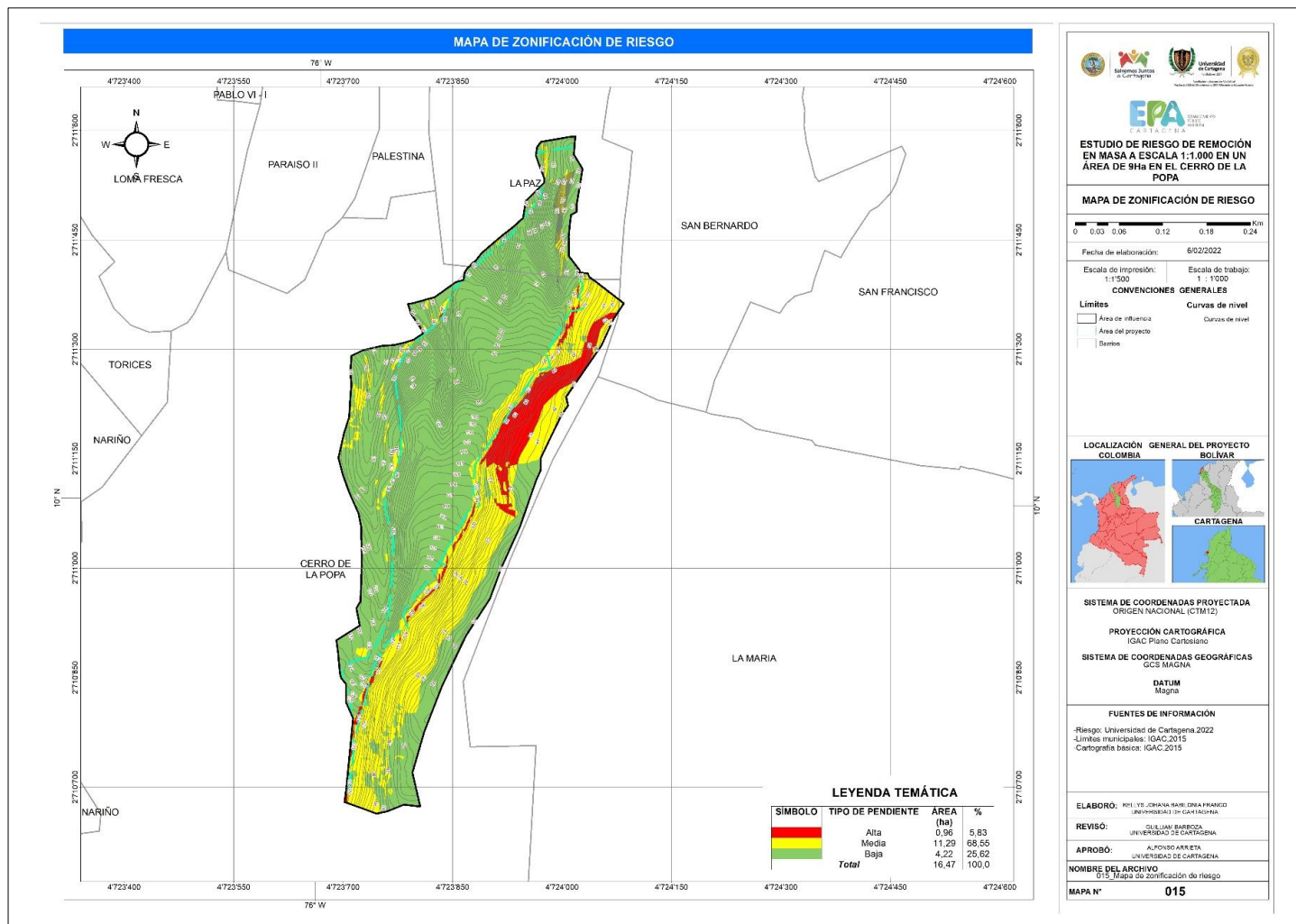


Mapa de
Zonificación de
Vulnerabilidad



5. ANÁLISIS DE RIESGO

Mapa de Zonificación de Riesgo



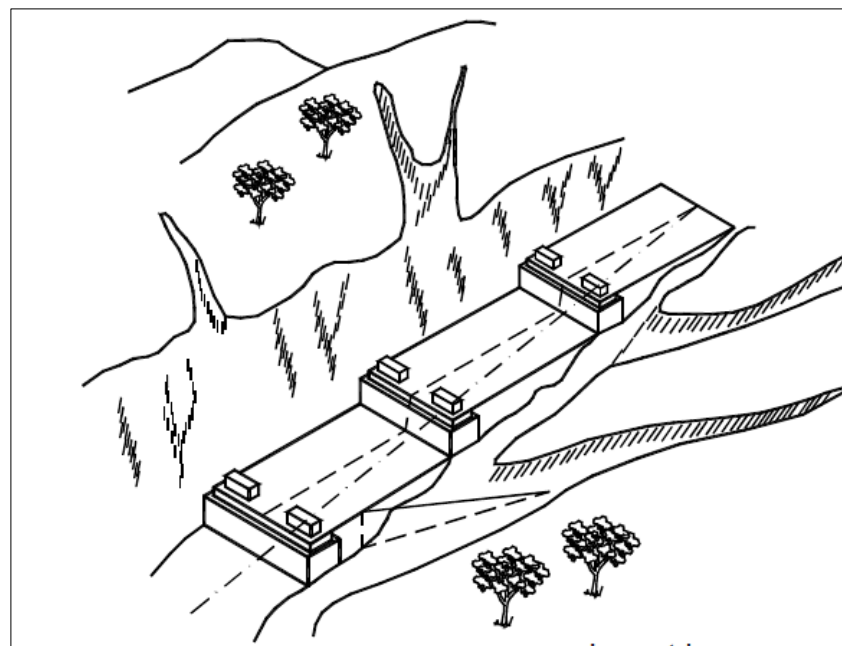


6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mitigabilidad



Esquema general de obras de fijación del fondo del cauce



Fuente. Control de erosión en zonas tropicales. 2001.

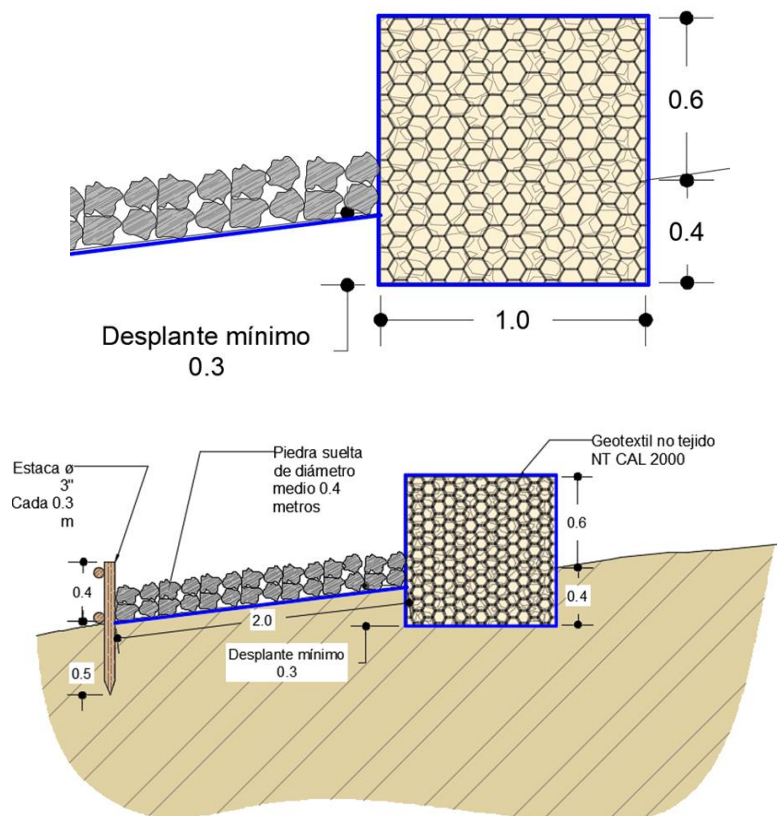


6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

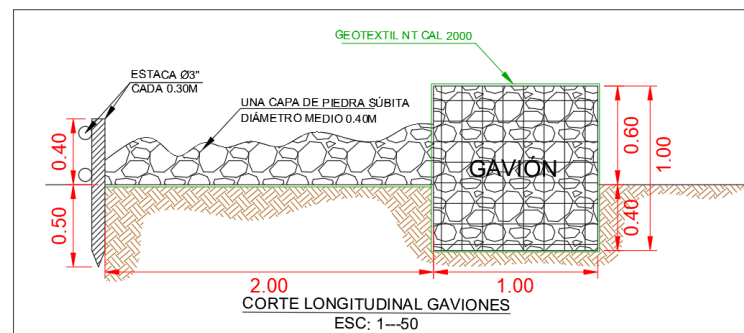
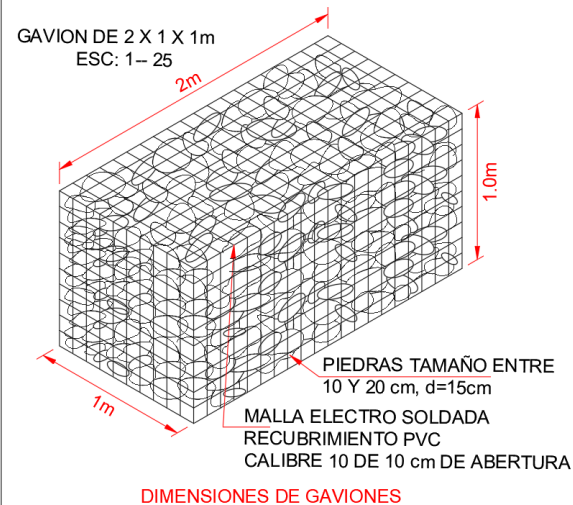
Detalle de estructuras hidráulicas propuestas para los drenajes

Mitigabilidad

Esquema de Gaviones



DETALLE DE GAVIONES



Fuente: Martínez, Edwin; Moreno, Dalia – Universidad de Cartagena, 2021.



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las evaluaciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, así como los análisis de estabilidad para los cuales los factores de seguridad resultan satisfactorios, indican que las medidas de mitigación planteadas si estabilizan la zona disminuyendo el riesgo de movimiento en masa, permitiendo concluir que **el riesgo es mitigable**.



XVII CCG
I SSAG 2022

Cartagena



SCG

50
años

1971-2021

¡GRACIAS!

¿Preguntas?

gbarbozm@unicartagena.edu.co;
wmendezm@unicartagena.edu.co