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



50 AÑOS DE DESLIZAMIENTOS DE GRAN MAGNITUD EN COLOMBIA: EL REVENIDERO, CHIRAPOTÓ, LABATECA Y QUEBRADA BLANCA.

Manuel García-López, <u>Carlos Román Reina-Leal</u> Ingeniería y Geotecnia S.A.S.







El Revenidero

Chirapotó



Se rompió la represa del río Sucio

A las cinco de la tarde empezó a desbordarse la represa del río Sucio y las aguas se precipitaron de manera acelerada por la agrietada montaña en dirección a la carretera a Turbo. "Las consecuencias son imprevisibles. Son 25 millones de metros cúbicos de agua, roca y lodo que van carretera abajo y no sabemos aún cuántos tramos ya han sido borrados por su acción", dijo el secretario de Gobierno de Antioquia, Luis Emilio Monsalve. Las autoridades anunciaron que se hizo un aislamiento en las zonas del norte de Dabeiba hasta cerca de Uramita, en Antioquia.

HACE 50 AÑOS

LUNES 14 DE DICIEMBRE DE 1970

Reglamentan la educación superior en Colombia

El director del Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (Icfes) confirmó que finalmente quedaron reglamentados los aspectos académicos y administrativos para la educación superior en el país. El documento establece todas las normas sobre procedimientos en las instituciones de educación superior en Colombia y fija por primera vez las pautas y criterios relacionados con las definiciones y conceptos generales, con el ingreso a las universidades, la obtención de títulos académicos, la creación de instituciones y su funcionamiento, el establecimiento de programas académicos, el reconocimiento de las universidades y el establecimiento de programas de posgrado en general para todo el país.



Tragedia en Supía, Caldas

Numerosos vehículos quedaron inservibles luego de chocar aparatosamente entre sí a causa de la descomunal avalancha de 50.000 metros cúbicos de roca y tierra que se precipitó sobre la vía Supía-La Pintada. Tras 56 horas del deslizamiento de tierra, decenas de personas y autos aún permanecen 'sepultados' y se desconoce el número de víctimas.









Labateca











CONTENIDO

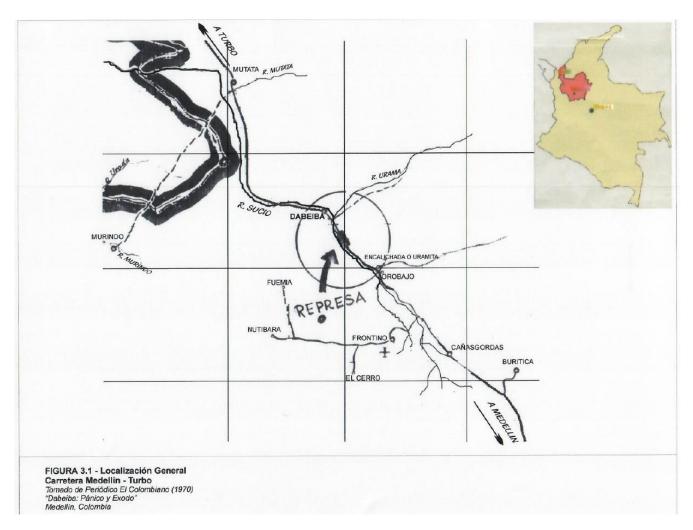
- 1. Deslizamiento del Revenidero
- 2. Deslizamiento de Chirapotó
- Deslizamiento de Labateca
- 4. Deslizamiento de Quebrada Blanca
- 5. Conclusiones











Mejía y Mora (2000)









- 25 de octubre de 1970
- 8 Mm³ de suelo y roca represaron el río Sucio por 7 días no consecutivos
- Represa de hasta 4,5 Mm³
- Embalse de 6 km de longitud que represó de 25 a 26 Mm³ de agua
- Deslizamientos menores previos con represamientos
- Falla progresiva de la presa afectó a Dabeiba y Pavorandocito (a 70 km)
- Se requirió construir variante para evitar el paso por el deslizamiento
- Eventos posteriores de menor magnitud
- La investigación más completa conocida fue realizada por Caballero y Mejía (1993) en publicación del Ingeominas











Fotografia 3.9. Estado actual deslizamiento de El Revenidero. (Julio/99) Se habilitó el paso provisional por la carretera antigua en el deslizamiento de El Revenidero, a raíz de problemas de inestabilidad en la vía Santafé de Antioquia — Mutatá.

Fotografía en Mejía y Mora (2000)











Fotografía 3.1. Mitad inferior del deslizamiento del Revenidero, en cuya pata se produjo la represa del río Sucio. La carretera Medellín - Turbo, fue interrumpida en el sector El Revenidero – Los Cocos, por dislocación en un tramo de 30 m en A, y por hundimiento de más de 5 m en B. Notar también las zonas de mayor actividad local en C. D v E.



Fotografía 3.2. Escarpe principal (línea a trazos al fondo), y parte alta del flanco izquierdo, en la mitad superior del deslizamiento. Hay escarpes secundarios y grietas de tracción atrás del escarpe principal. La altura del flanco izquierdo está entre 30 y 50 m.

Fotografías en Mejía y Mora (2000), tomadas por el geólogo Armando Celis









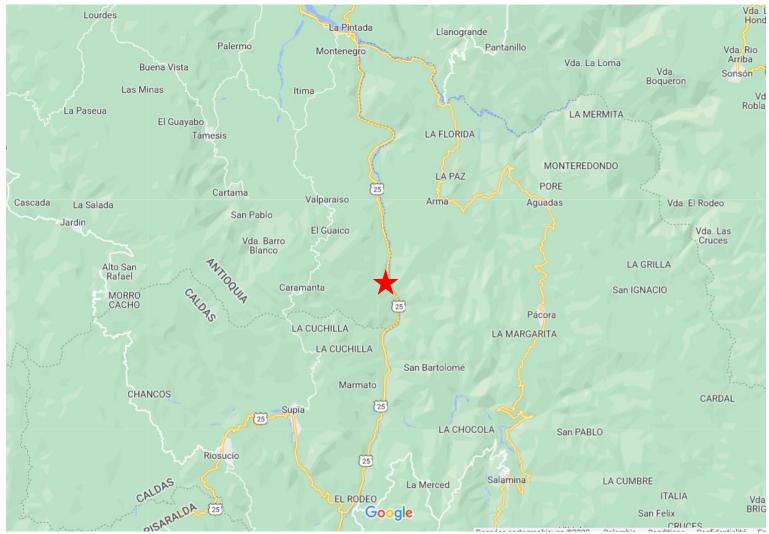




















- 14 de diciembre de 1970
- Se movilizaron 1.2 Mm³
- Se represó el río Cauca; se hicieron intentos de dinamitar la presa los cuales fueron fallidos
- Sepultó 300 m de carretera y 750 m de vía férrea, esta última en la otra margen del río
- Más de 3 decenas de vehículos sepultados (número de victimas desconocido)











11 de agosto de 1981











29 de octubre de 2001











22 de agosto de 1981











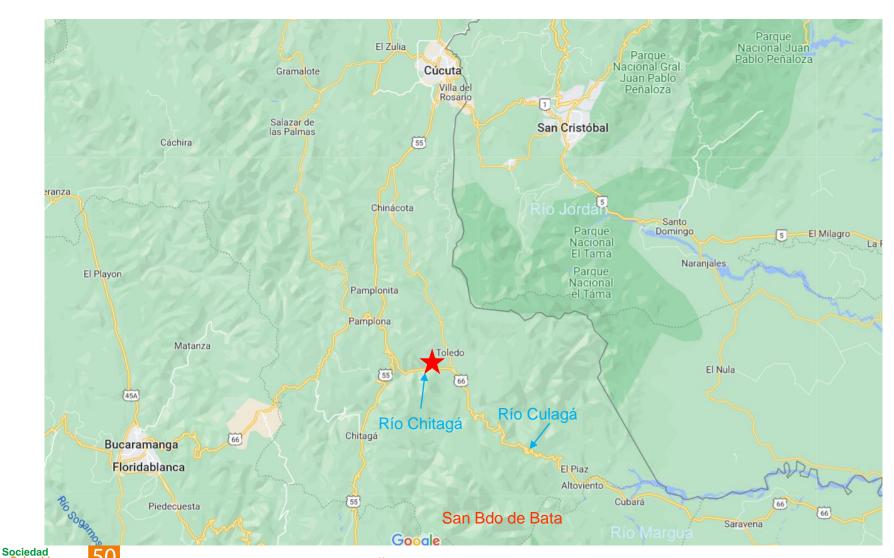
07 de febrero de 2005















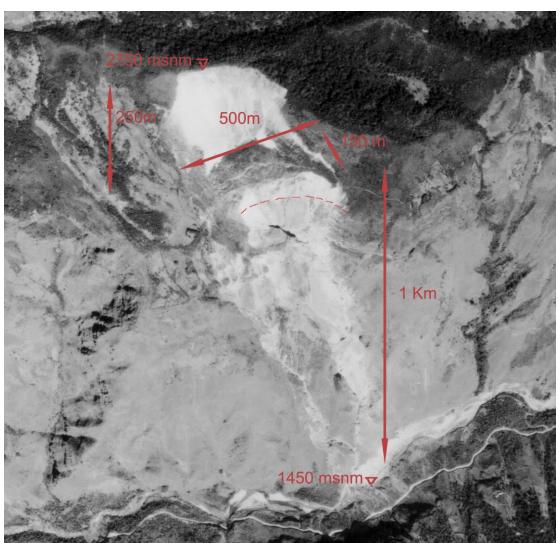
- 25 de enero de 1972
- Muerte de 19 a 70 personas (Destrucción San Josecito)
- Bloqueo de la única vía de acceso a la región
- Caída de 6Mm³ desde la cota 2400 al nivel del río a 1450 msnm.
- Represa de 500 m de largo, 200 m de ancho y espesor promedio de 70 m
- Represó 15 Mm³ de agua del río Chitagá (3 años en desocuparse)
- El agua rebasó la presa, y generó boquete
- 500 m de carretera quedaron bajo el deslizamiento y 900 en el embalse; se requirió una variante para la zona











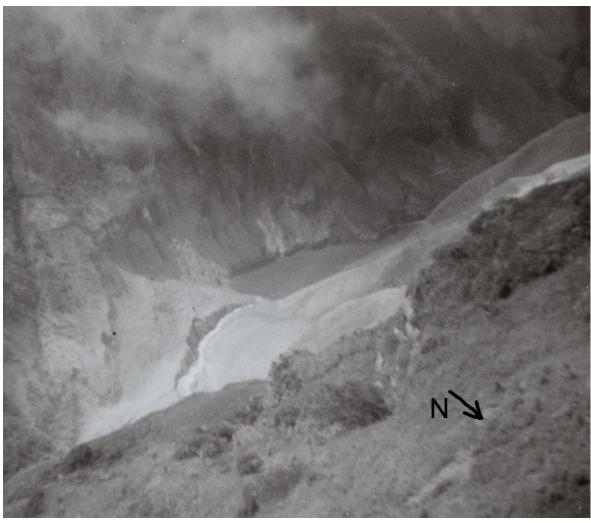
C-1812 (1978) Peña, 2004











Enero de 1972





Enero de 1972

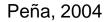
Peña, 2004







9 de noviembre de 1986

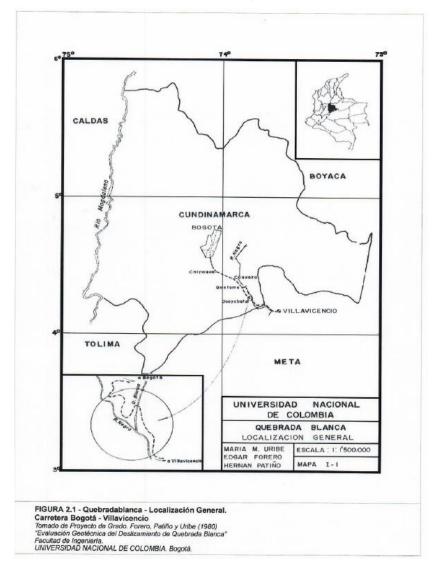




















- 28 de junio de 1974
- Falla 400 m de ancho y 250 m de largo, generando cuña de 450.000 m³
- Represamiento de la quebrada por 3 días
- Se estiman entre 200 y 400 víctimas humanas
- Destrucción de 700 m de vía
- Se requirió construir variante









FECHA	EVENTO		
1950	Gran derrumbe en la margen derecha de Quebradablanca.		
1958	La quebrada destruyó un puente en arco. Como medida correctiva se instaló un puente Bailey		
1960	Nuevamente la quebrada destruyó el puente instalado. Se colocó otro Bailey.		
1967	Se perdió la banca de la carretera en la margen izquierda de la quebrada.		
1972	Por tercera ocasión fue destruido el puente Bailey y también otro que se colocó inmediatamente. Se colocó otro puente quedando restringido el tráfico a vehículos de dos ejes. Los otros vehículos debian transitar por el lecho de la quebrada.		
1973	Se registran derrumbes con interrupción de la vía en mayo, julio y agosto. Mueren seis personas el 29 de agosto en uno de ellos.		
1973	Se inaugura un nuevo puente en octubre.		

Peña, 2004











Vuelo R 696











Fotografía 2.14. Extremo izquierdo (o de aguas arriba respecto del flujo de la quebrada) de la cabeza de la masa inestable. Comienzos de junio de 1974.



Fotografía 2.32. Visita del recién nombrado Presidente de la República Dr. Alfonso López Michelsen a la zona del deslizamiento. Recibe explicaciones del Geólogo Juan Montero Olarte (14 Ago/74).

Fotografías en Mejía y Mora (2000)











Fotografía 2.34. Preparación de tubería para aplicar agua a presión en un intento de derrumbar una gran cuña de material de terraza remanente del deslizamiento (jul/74). En la esquina inferior derecha se ve uno de los pozos verticales de drenaje.



Fotografía 2.35. Aplicación de agua a presión para demumbar la cuña remanente del deslizamiento, de la cual se ve aquí la parte superior casi completa. El intento resultó infructuoso (jul/74).

Fotografías en Mejía y Mora (2000)











Fotografía julio de 2019









5. CONCLUSIONES

- Se presentaron 4 deslizamientos de gran magnitud (No se pueden ejercer acciones que remedien eficazmente el movimiento) que ocurrieron en la década de los 70.
- Los deslizamientos mencionados ocurrieron en zonas afectadas por tectonismo y en temporadas de alta precipitación, previo a la creación del Fondo Nacional de Calamidades en junio de 1984.
- Estos deslizamientos de gran magnitud suelen ocurrir al interior de antiguos deslizamientos, los cuales se ven reactivados por factores externos como la Iluvia y la pérdida de confinamiento lateral de las laderas.
- Si bien el Servicio Geológico Colombiano ha puesto gran empeño y esfuerzo en la generación del Sistema de Información de Movimientos en Masa, SIMMA, algunos de estos movimientos de gran magnitud han sido olvidados por los profesionales encargados de la gestión del riesgo.











¡GRACIAS!

¿Preguntas? crreinal@ingenieriaygeotecnia.com

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



¿CUÁNTO DIFIEREN LOS RESULTADOS DE AMENAZA POR DESLIZAMIENTOS CUANDO SE EVALÚA CON DIFERENTES MODELOS?

RODRIGO SANCHEZ GAMARRA Estudiante, Pasantía en investigación **EXNEYDER A. MONTOYA-ARAQUE Estudiante de Doctorado**

SILVANA MONTOYA-NOGUERA Profesora Asociada

Grupo de investigación en Mecánica Aplicada, Escuela de Ciencias Aplicadas e Ingeniería
Universidad EAFIT









CONTENIDO

- 1. Introducción a la problemática
- Objetivos
- 3. Programas de métodos de equilibrio límite "Transient Rainfall Infiltration and Gridbased Slope-Stability" (TRIGRS) y "Assessment of Landslide Induced by Climatic Events" (ALICE)
- Caso de estudio
- Análisis realizados
- Resultados
- 7. Conclusiones

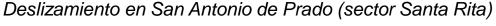


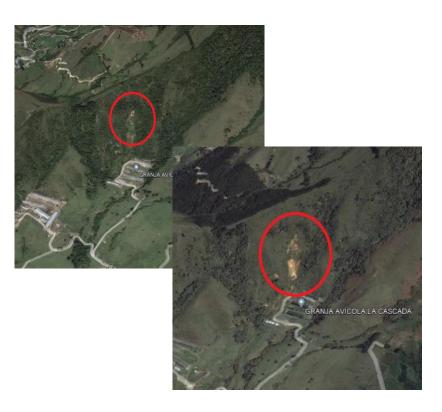




1. Introducción a la problemática







Fotografías antes y después del deslizamiento (19 y 20 de enero de 2012, Google Maps)



Fotografía (14 de julio de 2022, Twitter)



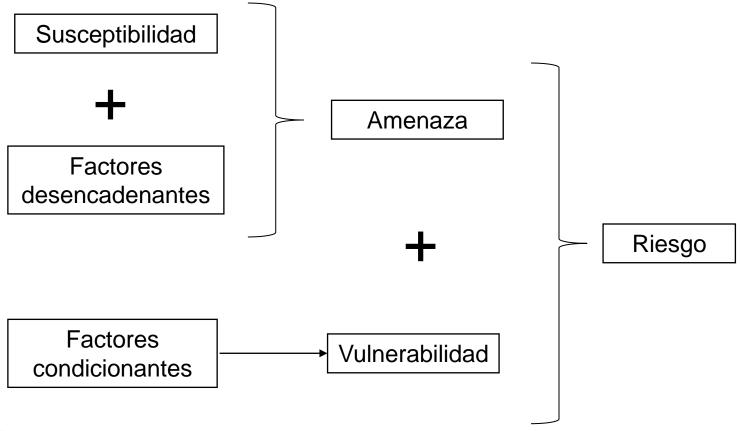




2. Objetivos



<u>Objetivo general:</u> Analizar y comparar la susceptibilidad al deslizamiento determinada por diferentes mecanismos de fallas y para diferentes escenarios.









3. Programas TRIGRS y ALICE



Programa Característica	TRIGRS (Transient Rainfall Infiltration and Grid-based Slope Stability)	ALICE (Assessment of Landslide Induced by Climatic Events)
Input	DEM, mapa de pendientes, dirección de flujo, geología, espesores, nivel freático.	
Método de equilibrio límite	Talud infinito	Morgenstern-Price
Tipos de fallas	Fallas traslacionales	Fallas traslacionales, rotacionales y complejas
Infiltración	Modelo transitorio*	Modelo estacionario
Carga dinámica (sísmica)	No aplica	Método pseudo-estático (input: mapas de PGA)*
Evalúa	Cada celda independientemente	Interacción bidimensional de varias celdas (perfiles)

^{*:} No utilizado en este proyecto.









4. Zona de Estudio

Corregimiento de San Antonio de Prado, departamento de Antioquía.



Unidades y sus parámetros geotécnicos:

	UG1 (Flujo de lodo y	UG2
	escombros)	(Stock de Altavista)
Ángulo de fricción efectivo ($arphi'$) - $^\circ$	28	27
Cohesión efectiva (c^\prime) - kPa	15	23
Peso específico saturado (γ_{sat}) - ${}^{kN}/{}_{m^3}$	19	17

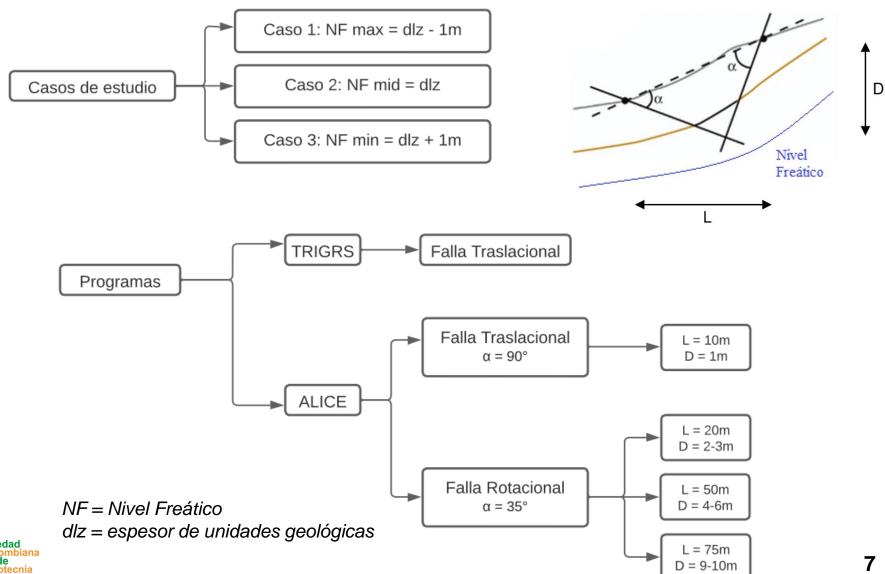






5. Análisis realizados

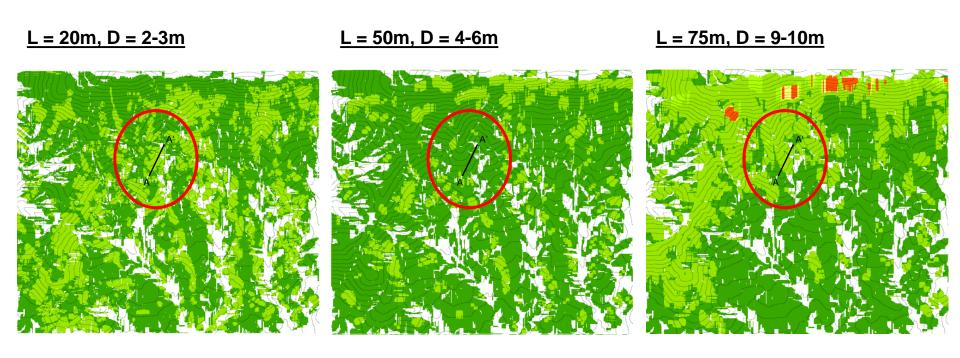




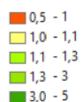




6. ¿Cuál es la superficie crítica?



Caso comparativo con diferentes mecanismos de falla para NF mid.



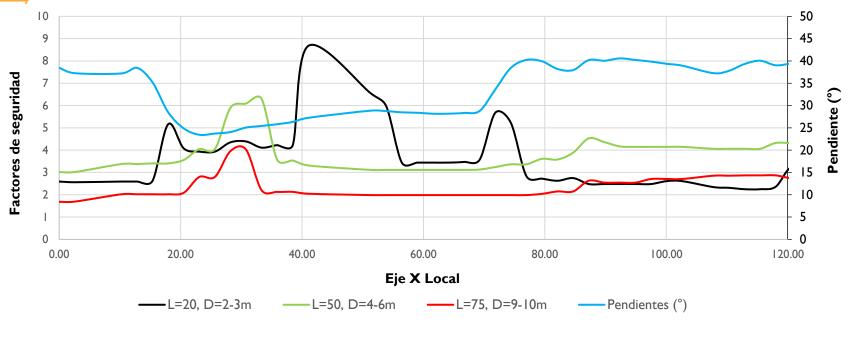


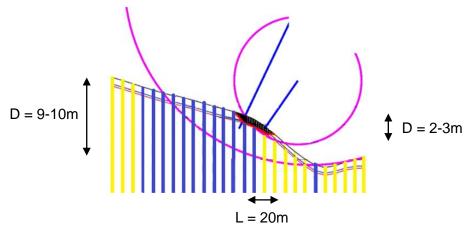






6. ¿Cuál es la superficie crítica?





L = 75m

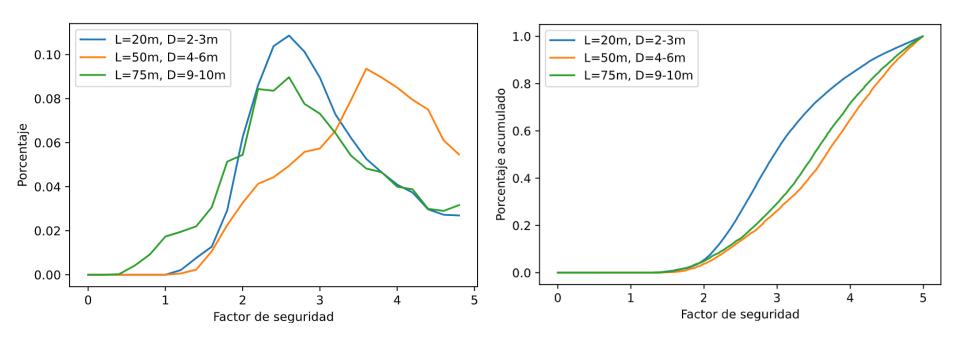








6. ¿Cuánto cambia el FS? (Fallas rotacionales)



Por pixel; el FS varía de un 2% a un 6% según la longitud (L) y los espesores (D) que se le asigne a ALICE.

Por zona de estudio; hay hasta un 40% del área total que se encuentra menos estable.

Slide, GEO5, combinan varios L y varios D, y se obtiene el FS menor de todas las combinaciones.





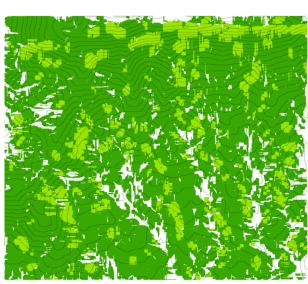


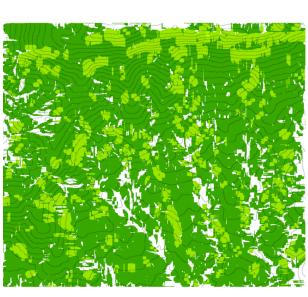
6. ¿Cuál es el efecto del NF?



NF min NF mid NF max







ALICE Fallas rotacionales, L = 50, D = 4-6m, $\alpha = 35^{\circ}$

0,5 - 1 1,0 - 1,1 1,1 - 1,3 1,3 - 3 3,0 - 5

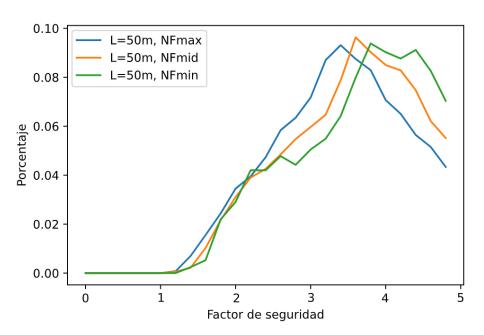


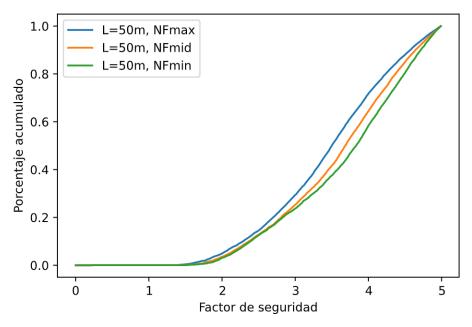






6. ¿Cuánto cambia el FS para diferentes NF?





ALICE Fallas rotacionales, L = 50, D = 4-6m, $\alpha = 35^{\circ}$

Por pixel; el FS disminuye hasta un 4% según la ubicación del Nivel Freático con un L = 50m y D = 4-6m Por zona de estudio; hay un 20% del área total más susceptible a deslizamientos.





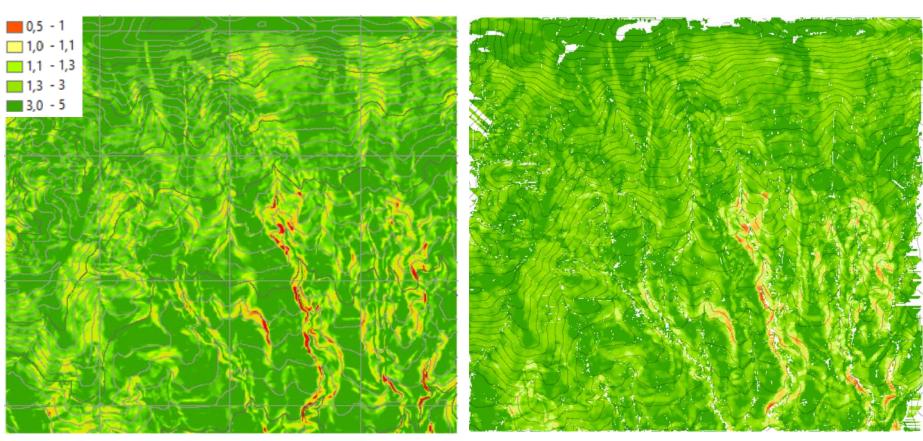


6. ¿Cuál es el cambio del FS en diferentes programas?



TRIGRS:

ALICE*:



Caso comparativo más similar, asemejando ambos al método de Talud infinito.

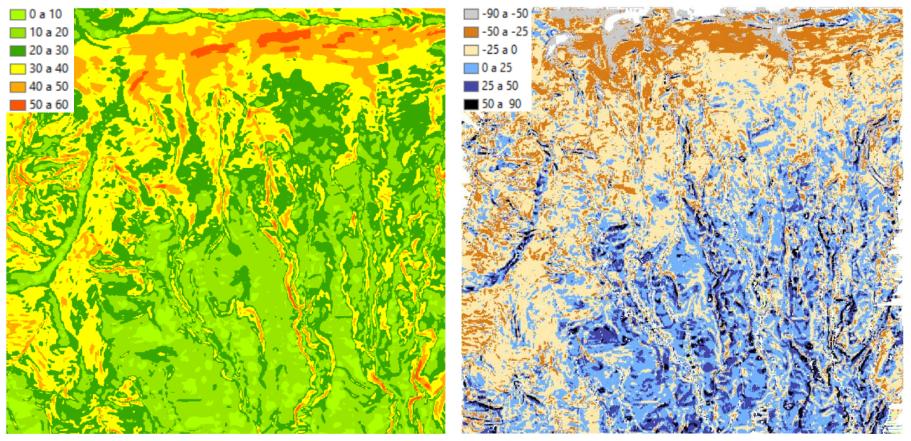


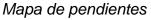






6. ¿Cuánto cambia el FS en diferentes programas? Cartagena





Mapa de FS de TRIGRS - ALICE

El FS es mayor en TRIGRS para pendientes menores a 30, y es mayor en ALICE para pendientes mayores a 30



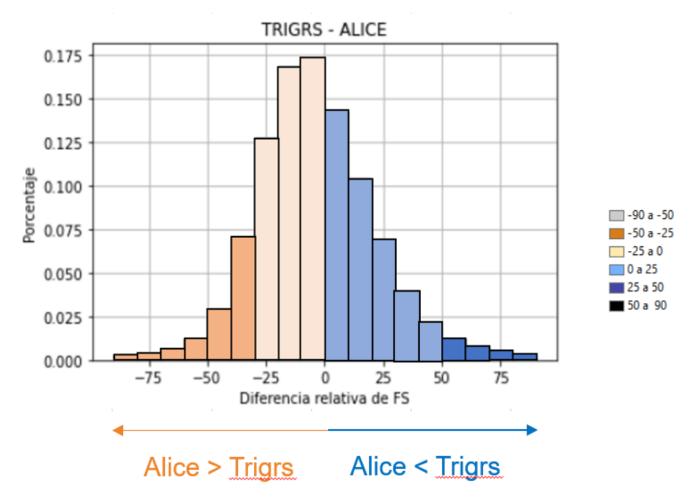


XVII CCG ISSAG 2022



6. ¿Cuánto cambia el FS en diferentes programas? Cartagena





El 60% de los FS varían entre un ± 25%









7. Conclusiones y proyecciones

- Los parámetros L, D y α, en ALICE no son directamente proporcionales a los factores de seguridad.
 Además, estos valores van a ser definidos en base a data histórica, y a la experiencia del ingeniero a cargo. (Variación de hasta el 40%)
- 2. Cuando la zona de estudio cuenta con pendientes muy escarpadas o muy llanas, la variación de los Factores de seguridad entre ALICE y TRIGRS puede llegar a ser hasta de un 75%.
- 3. Complementar la zona de estudio para zonificar mediante mapas de susceptibilidad al deslizamiento.











¡GRACIAS!

¿Preguntas?

resanchezg@eafit.edu.co smontoyan@eafit.edu.co eamontoyaa@eafit.edu.co

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



EVOLUCIÓN DEL PAISAJE COMO HERRAMIENTA FUNDAMENTAL PARA ENTENDER LAS CONDICIONES DE SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS MORFODINÁMICOS EN LOS ANDES COLOMBIANOS

Karolina Naranjo & Edier Aristizabal
Universidad Nacional de Colombia –Sede Medellín
Facultad de Minas – Departamento de Geociencias y Medio Ambiente



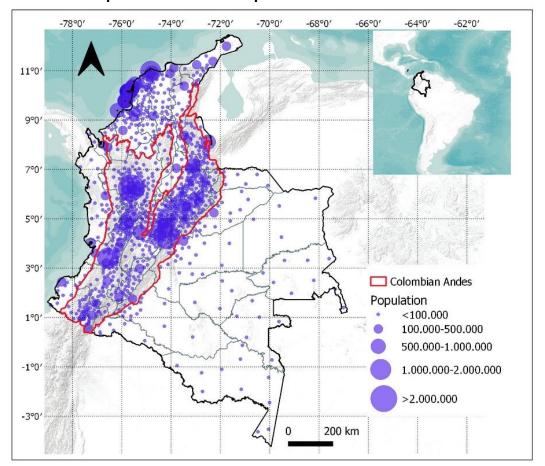






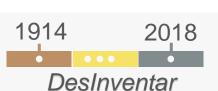
1. INTRODUCCIÓN

 Los Andes colombianos alberga el 65% de la población del país. [DANE, 2018]



Movimientos en masa y avenidas torrenciales muy activos.

Paisaje con alta dinámica.



- 25% de los desastres inventariados en Colombia corresponden a movimientos en masa.
- Han ocasionado:

19% de las muertes reportadas12% de viviendas destruidas32% de los desaparecidos

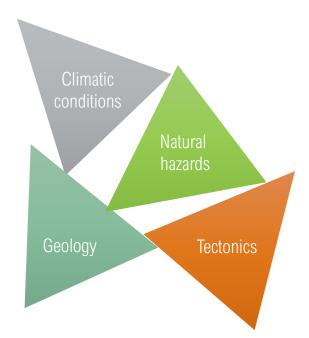
Pérdidas económicas por USD 654 millones.











LANDSLIDE RECORDS

30.730

Since 1900 until 2018 (Aristizábal & Sánchez, 2020)

TORRENTIAL FLOW RECORDS

1.538

Since 1921 (Aristizábal, Arango, & until 2018 García, 2020)

Colombia, one of the countries most affected by landslides

(Petley, 2012; Sepúlveda & Petley, 2015)



Villatina (Medellín)

- 1987
- 500 fatalities



La Gabriela (Bello)

- 2010
- 42 fatalities



Landscape evolution

La Liboriana

- 2015
- 104 fatalities

Susceptibility conditions



Mocoa

- 2017
- 332 fatalities











Morphometric indices

Basin characteristics

Hillslope response

Contain important information regarding its formation and development because all hydrologic and geomorphic processes occur within the watershed

River incision theory

Uplift vs

Erosion

Dynamic equilibrium

The steep topography of mountain landscapes arises from interactions among tectonic rock uplift, valley incision and landslide erosion on hillslopes. (Larsen *et al.*, 2010

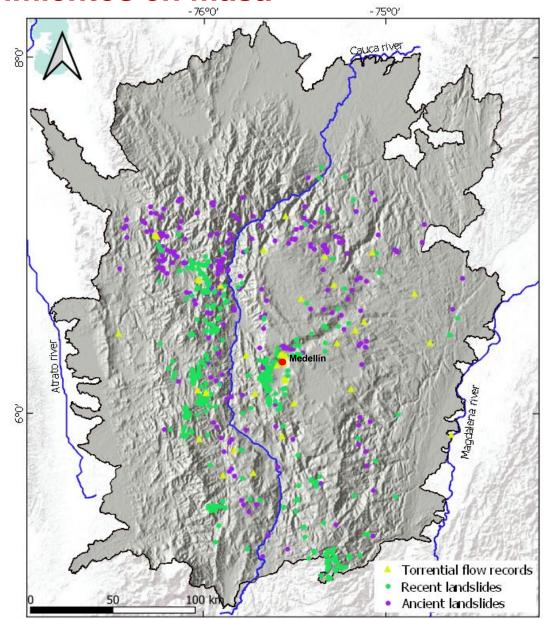








Movimientos en masa

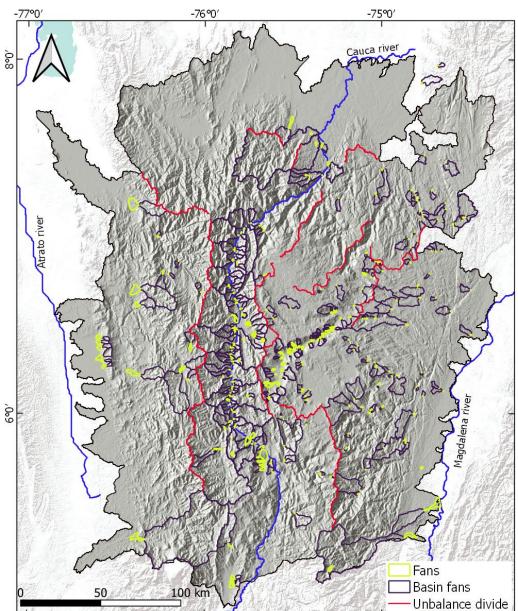








Flujos torrenciales

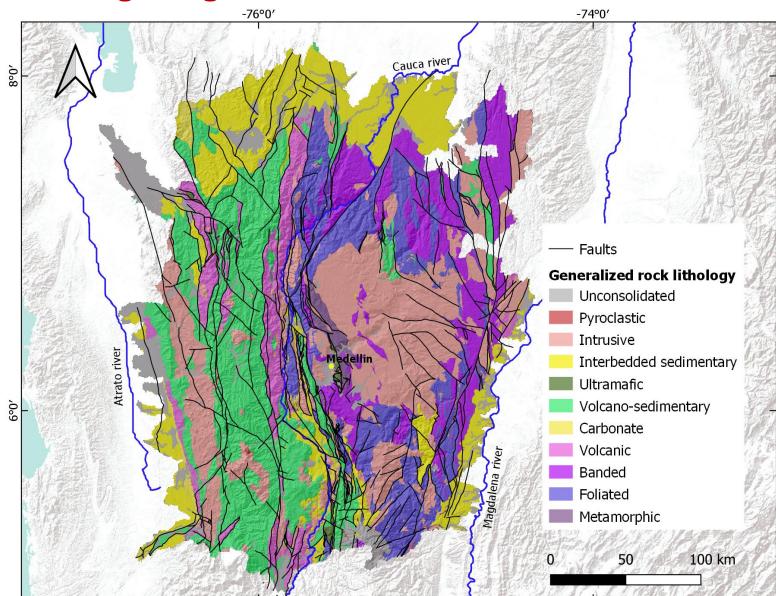








Marco geologico

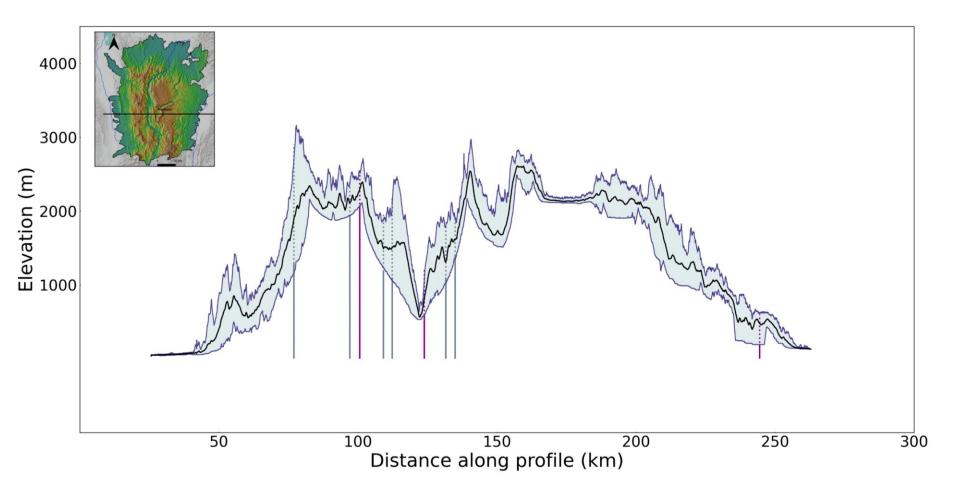






Swath profiles









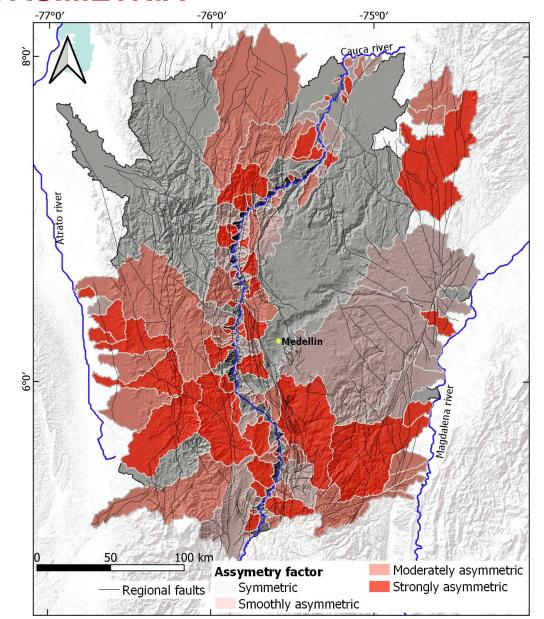


INDICE DE ASIMETRIA



$$AF = \frac{A_r}{A_T} (100\%)$$

$$AFN = |AF - 50|$$









 $\triangle h$

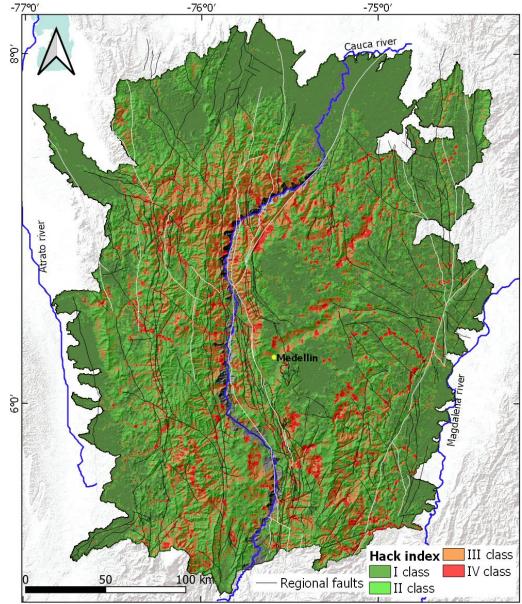
 $SL = \frac{\triangle h}{\triangle l} \cdot L$

ΔΙ

SL= $\frac{\triangle h}{\ln L}$

INDICE DE HACK





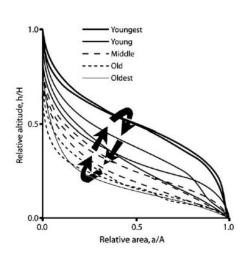


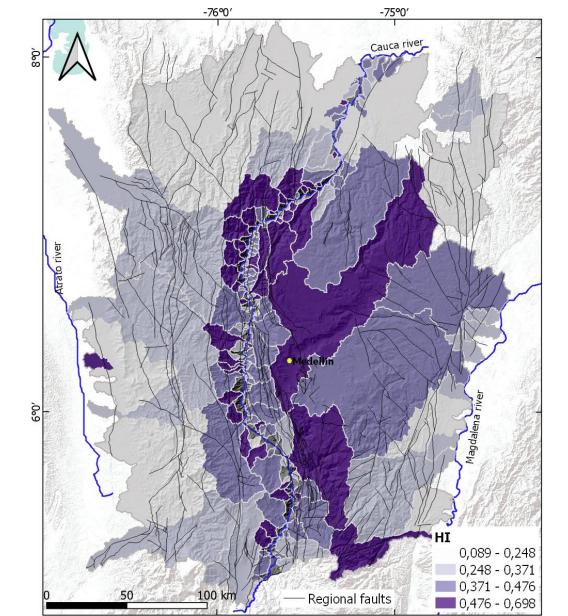




CURVA HIPSOMETRICA







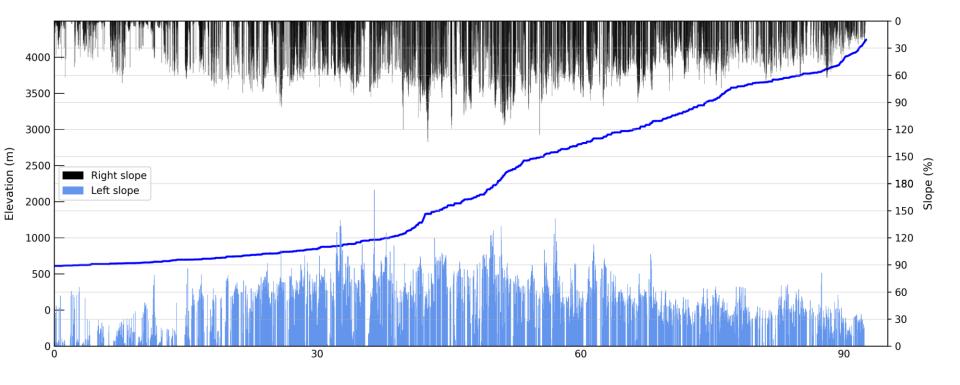






Perfil longitudinal









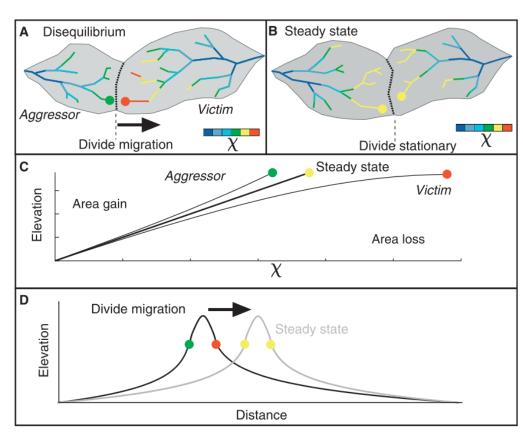




$$\frac{\partial z}{\partial t} = U(x,t) - K(x,t) A(x,t)^m \left| \frac{\partial z}{\partial x} \right|^n$$

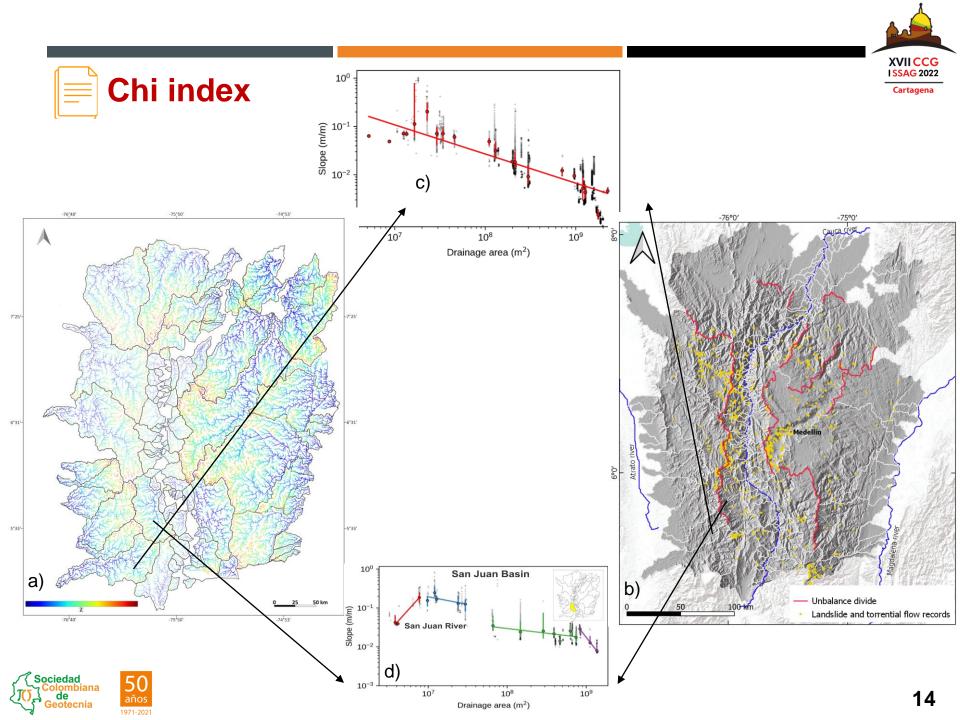
$$z(x) = z(x_b) + \left(\frac{U}{KA_0^m}\right)^{\frac{1}{n}} \chi$$

$$\chi = \int_{x_b}^{x} \left(\frac{A_0}{A(x)}\right)^{\frac{m}{n}} dx$$



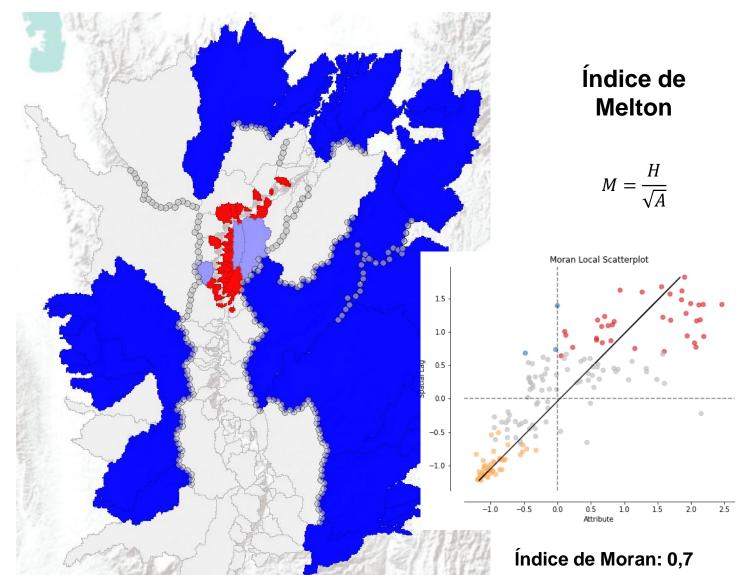








Índice de Melton



Índice de Melton

No significativo

Alto - Alto

Bajo - Bajo

Bajo - Alto

Alto - Bajo

Divisorias transitorias





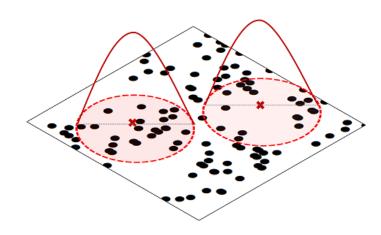
Geographically Weighted Regression (GWR)

GWR is an extension of the linear regression model that allows the regression coefficients to vary across geographical space.

$$\widehat{Y}_i = \widehat{\beta}_o(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^m \widehat{\beta}_k(u_i, v_i) X_{ik} + \widehat{\epsilon}_i$$

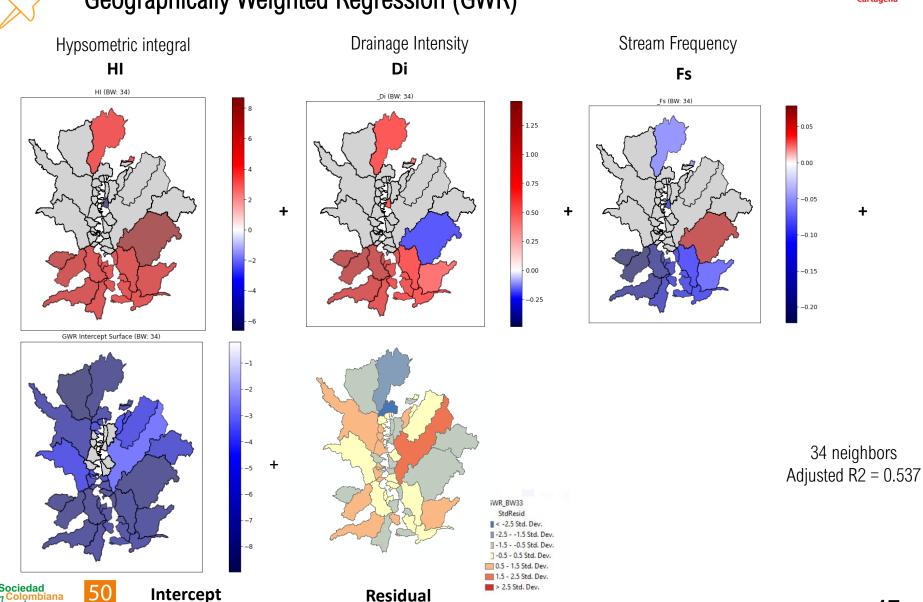
Bandwidth is the distance band or number of neighbors used for each local regression equation







Geographically Weighted Regression (GWR)









5. CONCLUSIONES

- El análisis del paisaje desde la morfometría permite tener una mejor comprensión de la morfodinámica.
- En el campo de la geotecnia es importante tener una visión de la morfodinámica de mayor escala, la cual puede ser la respuesta a la presencia de procesos de gran magnitud o que afectan reiterativamente a una obra de infraestructura.
- Esta propuesta podría convertirse en suministro para las metodologías de estudios de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa y avenidas torrenciales.











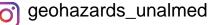
iGRACIAS!

¿Preguntas?

evaristizabalg@unal.edu.co



geohazards.com.co



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



ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA, PERIURBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE MOCOA – PUTUMAYO

ESCALA 1:5.000

MICHAEL STEVE RANGEL FLOREZ

Geólogo Esp. Geotecnia Vial

Servicio Geológico Colombiano

Dirección de Geoamenazas – Grupo de Evaluación de Amenaza por

Movimientos en Masa







CONTENIDO







- I.INTRODUCCIÓN
- 2. GENERALIDADES
 - -Localización; Metodología
- 3. FACTORES CONDICIONANTES
- -Elementos Geomorfológicos; Unidades Geológicas Superficiales; Cobertura de la tierra; Inventario de procesos morfodinámicos
- 4.ANÁLISIS GEOTÉCNICO
 - -Exploración geotécnica; Caracterización geotécnica
- 5. FACTORES DETONANTES
 - -Detonante agua; Detonante sismo
- 6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y EVALUACIÓN DE AMENAZA
 - -UGH; Hipótesis de falla; Amenaza en suelo; Amenaza en roca; Análisis estabilidad macizos rocosos
- 7. RESULTADOS ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA
- 8. CONCLUSIONES







1. INTRODUCCIÓN







- Apoyo técnico del Servicio Geológico Colombiano (SGC) al municipio de Mocoa en el marco de la emergencia ocurrida entre la noche del 31 de marzo y la madrugada del 1 de abril del 2017 y con el fin de aportar conocimiento para el ordenamiento territorial y la reconstrucción de su casco urbano.
- Lineamientos de la "Guía Metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa (SGC-UN, 2016)", utilizando métodos determinísticos para zonificación de amenaza.



Movimientos en masa sobre el flanco oriental del cerro La Reserva

 Con la elaboración de estos estudios el SGC entrega insumos útiles para la actualización y ajuste del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Mocoa, a nivel de los estudios básicos contemplaos en la Ley 388 de 1997, Ley 019 de 2012 y los decretos 1807 de 2014 y 1077 de 2015.

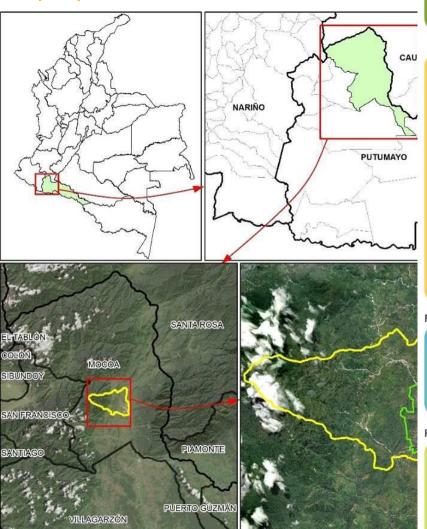




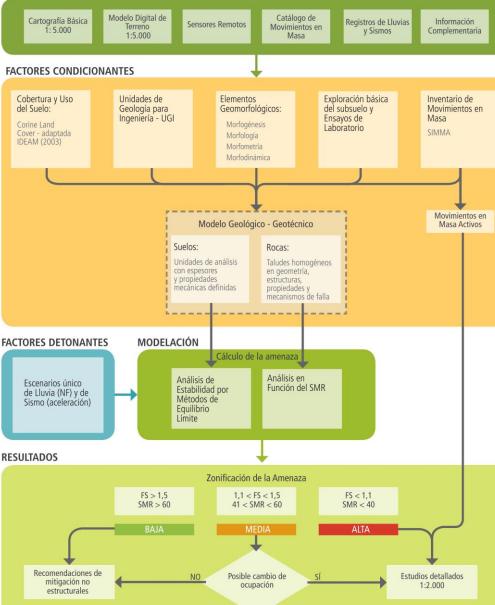




2. GENERALIDADES INSUMOS











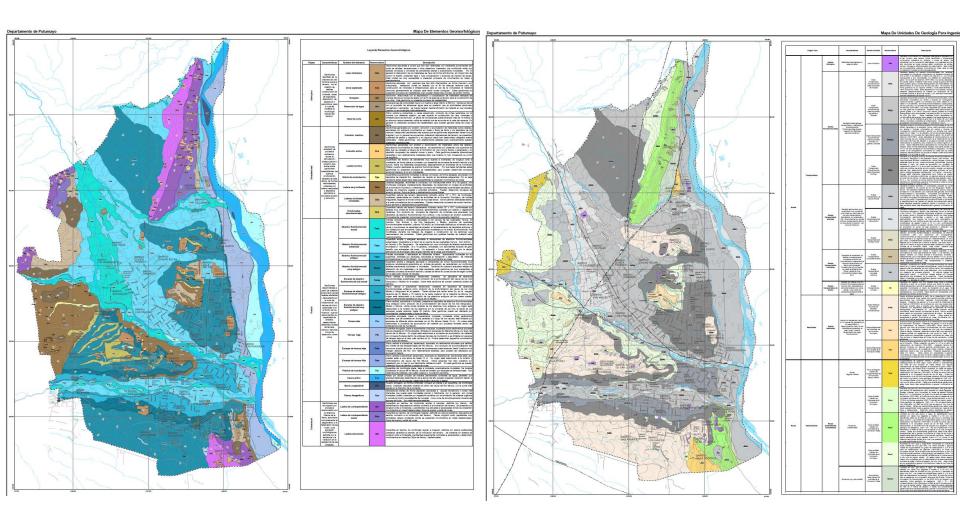


3. FACTORES CONDICIONANTES













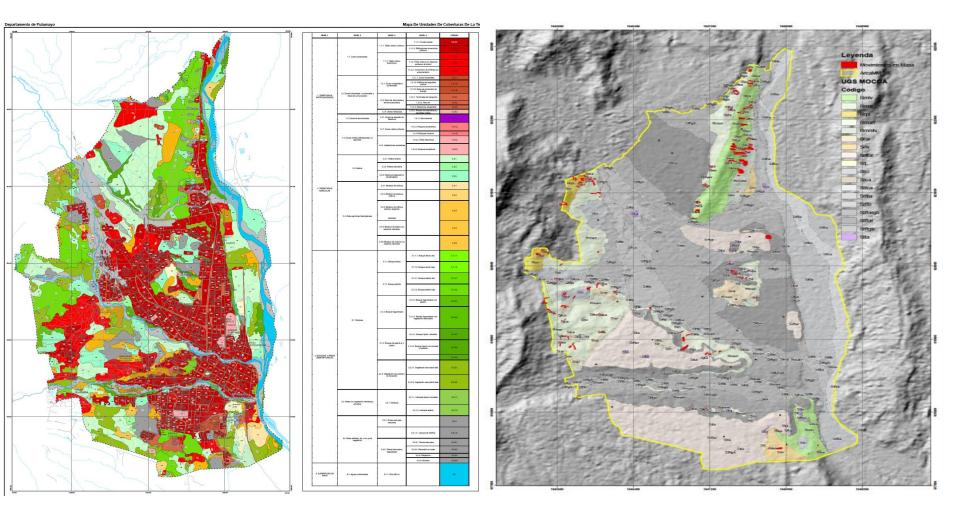


3. FACTORES CONDICIONANTES















4. ANÁLISIS GEOTÉCNICO







1049000

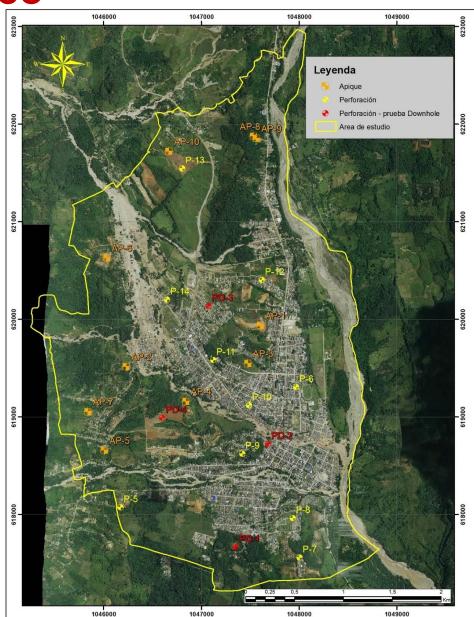
EXPLORACION GEOTÉCNICA

Información secundaria

Estudios entregados por planeación ensayos SPT municipal, con profundidades máximas de 15 m.

Exploración directa e indirecta

- 10 apiques: 0-2 m.
- Se realizaron un total perforaciones hasta profundidades entre 10,5 m y 34,5 m para un total de 300 m.
- total 201 se recuperaron muestras, de las cuales 191 se obtuvieron en las perforaciones y 10 en los apiques
- 4 ensayos Downhole.



1046000







4. ANÁLISIS GEOTÉCNICO







EXPLORACION GEOTÉCNICA

Información secundaria

- Estudios entregados por planeación municipal, ensayos SPT con profundidades máximas de 15 m.

Exploración directa e indirecta

- 10 apiques: 0-2 m.
- Se realizaron un total de 14 perforaciones hasta profundidades entre 10,5 m y 34,5 m para un total de 300 m.
- En total se recuperaron 201 muestras, de las cuales 191 se obtuvieron en las perforaciones y 10 en los apiques
- 4 ensayos Downhole.



Aspecto de una de las muestras de suelo recuperadas con equipo mecánico de rotación.







5. FACTORES DETONANTES







Detonante agua

Intensidad de precipitación

- Curvas IDF (M. Racional)
- •Lluvia 24 h
- ·Lluvia acumulada de 5 días

Cobertura y condiciones antecedentes de humedad

- Clasificación hidrológica de suelos SCS
- Capa de suelos
- Capa de coberturas
- Mapa CN

Aplicación modelo lluvia escorrentía

- •S (retención potencial).
- •Pi P 24h (Lámina infiltrada).
- P infiltrada media multianual, deviación estándar (σ), coeficiente de variación CV.
- Nivel piezométrico medio.
- Profundidad del nivel freático asociado a una lluvia de 20 años de periodo de retorno P_{f20}.

CN	Pf20_24h (mm)
95.4	1417.4
91.8	1550.6
78.2	1821.5
78.2	1821.5
76.1	1832.5
79.0	1815.1
89.1	1632.6
99.1	1249.3
76.1	1807.5

Profundidad del nivel freático asociado a una lluvia de 20 años de periodo de retorno P_{f20} .







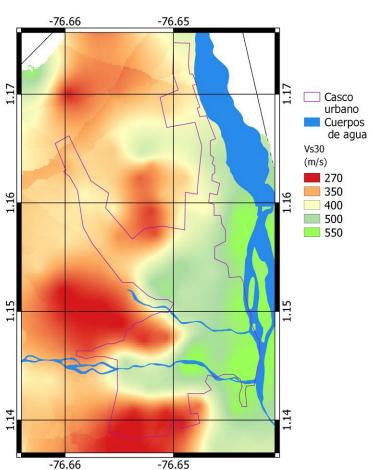
5. FACTORES DETONANTES



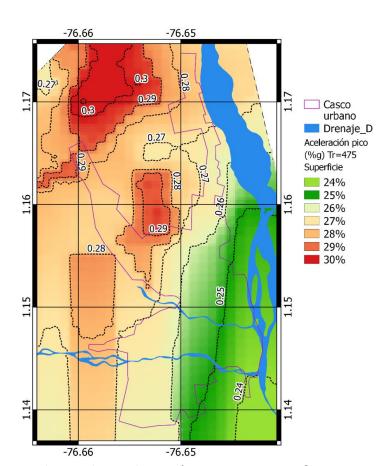




Detonante sismo



Valores de Vs30 identificados en el área de estudio



Valores de aceleración pico en superficie





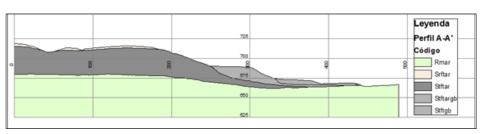


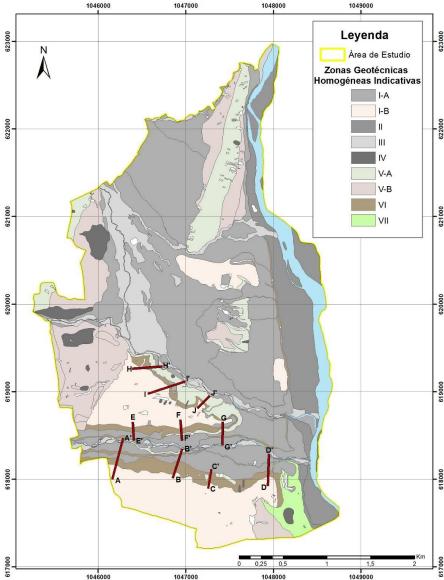


6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y EVALUACIÓN DE AMENAZA

Zonas geotécnicas homogéneas indicativas

ZONA GEOTECNICA HOMOGENEA	DESCRIPCIÓN GENERAL
IA	Zonas planas; Suelo matriz soportado arcilloso de consistencia media a alta, con escaso suelo residual, depósito fluvio-torrencial
IB	Laderas de pendiente abrupta a muy abrupta; rocas de mala calidad de arcillolitas de la Formación Rumiyaco
П	Zonas planas; suelos clasto soportados de bloques, depósito fluvio-torrencial actual
Ш	Laderas de pendiente muy inclinada a abrupta; suelos coluviales arcillosos de buena consistencia
IV	Zonas planas; suelos granulares no consolidados de origen fluvial
v	Zonas planas; suelos residuales arcillosos de consistencia media, de más de 1,5 m de espesor medio sobre depósitos fluvio-torrenciales
VI	Laderas de pendiente muy abrupta a escarpada; suelos residuales arcillosos de baja consistencia, de menos de 1,5 m de espesor sobre rocas de la Formación Villeta
VII	Laderas de pendiente abrupta a muy abrupta; suelos residuales arcillosos de baja consistencia, de más de 1,5 m de espesor medio sobre rocas de las Formaciones Rumiyaco y Villeta
VIII	Escarpe; roca de mala calidad de lodolitas de la Formación Villeta





Perfil Geológico-geotécnico H-H'.







6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y EVALUACIÓN DE AMENAZA



Hipótesis de falla en suelo, mecanismo de falla superficial

$$F = \frac{c' + (z\gamma\cos^2\beta - z\rho a\cos\beta\sin\beta - \gamma_w z_w\cos^2\beta)\tan\varphi'}{z\gamma\sin\beta\cos\beta + z\rho a\cos^2\beta}$$

Donde:

F: Factor de seguridad a la falla

c': cohesión efectiva

y: peso unitario del suelo

 γ_w : peso unitario del agua

z: espesor de la capa de análisis

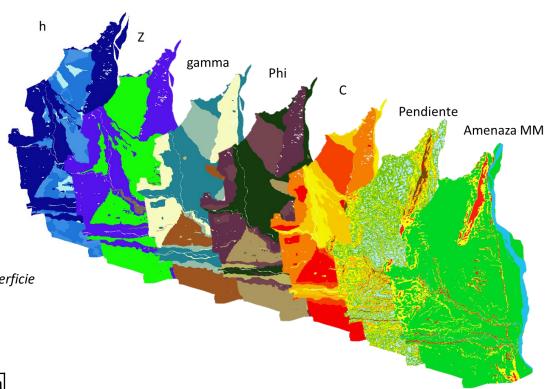
 z_w : altura del nivel freático desde la base de la capa de análisis

 β : pendiente del terreno

 ϕ' : ángulo de fricción efectivo del suelo

 ρ : densidad bulk

a: Componente horizontal de la aceleración símica pico en superficie



Nivel de Amenaza	FS	Color en el Mapa
Alta	< 1,1	
Media	1,1 – 1,5	
Baja	> 1,5	









6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y EVALUACIÓN DE AMENAZA

Hipótesis de falla en suelo, mecanismo de falla superficial

$$F = \frac{c' + (z\gamma\cos^2\beta - z\rho a\cos\beta\sin\beta - \gamma_w z_w\cos^2\beta)\tan\varphi'}{z\gamma\sin\beta\cos\beta + z\rho a\cos^2\beta}$$

Donde:

F: Factor de seguridad a la falla

c': cohesión efectiva

y: peso unitario del suelo

 γ_w : peso unitario del agua

z: espesor de la capa de análisis

z,,: altura del nivel freático desde la base de la capa de análisis

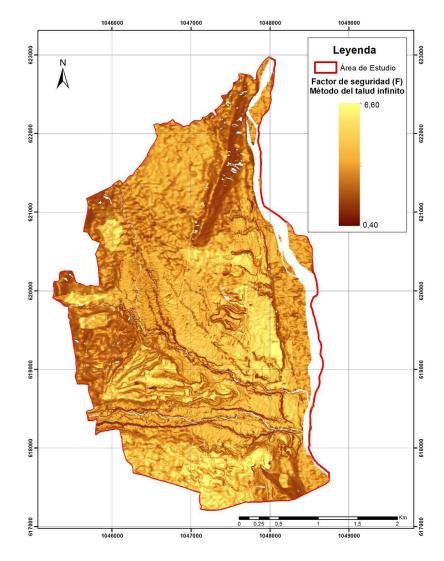
 β : pendiente del terreno

 ϕ' : ángulo de fricción efectivo del suelo

 ρ : densidad bulk

a: Componente horizontal de la aceleración símica pico en superficie

Nivel de Amenaza	FS	Color en el Mapa
Alta	< 1,1	
Media	1,1 – 1,5	
Baja	> 1,5	









6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y EVALUACION DE AMENAZA



Hipótesis de falla en UGH Roca metodología SMR

UGI (roca)		RMR	SMR		Clase de estabilidad		
			Р	Т	- Clase de Estabilidad		
Rrpi	Roca de regular calidad de conglomerados de la Formación Pepino inferior	72	82	85	I	Muy buena	Totalmente estable
Rmar	Roca de mala calidad de aeniscas de la Formación Rumiyaco	58	71	71	II	Buena	Estable
Rmlv	Roca de mala calidad de lodolitas de la Formacion Villeta - talud natural	52	63	65	II	Buena	Estable
	Roca de mala calidad de lodolitas de la Formacion Villeta - talud de corte	52	42	50	III	Normal	Parcialmente estable
Rmarr	Roca de mala calidad de arcillolitas de la Formación Rumiyaco	41	52	53	III	Normal	Parcialmente estable
Rmmlv	Roca de muy mala calidad de Lodolitas de la Formación Villeta	52	-	-	III	Media	-

Resultados finales de las clasificaciones RMR y SMR para cada unidad de roca.

Nivel de amenaza	Valor de SMR	Color en el mapa
Alta	<40	
Media	41 - 60	
Baja	>60	

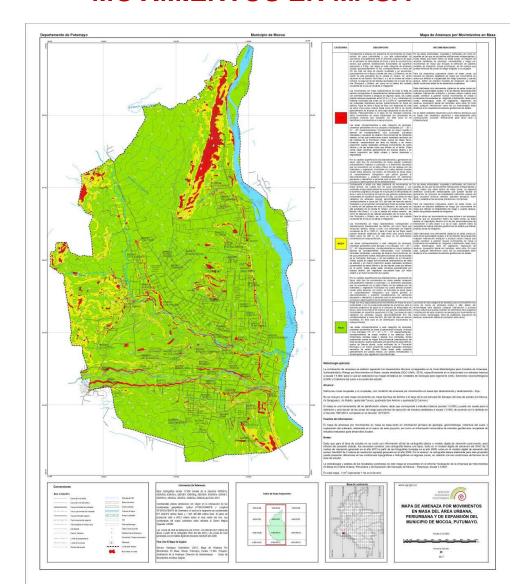








7. RESULTADOS ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA











8. CONCLUSIONES

Se identificó que dentro de las áreas urbana, periurbana y de expansión del municipio de Mocoa, la afectación por movimientos en masa es baja y corresponde a aproximadamente un 0,8% del total de la zona de estudio. Los movimientos en masa característicos de toda el área de estudio corresponden a deslizamientos traslacionales y flujos de tierra de poca profundidad (< 2 m) que movilizan principalmente suelos residuales arcillosos en áreas de ladera, asociados en la mayoría de los casos con el evento de marzo de 2017. No se evidenciaron movimientos en masa profundos.

Las áreas clasificadas como de amenaza alta ocupan aproximadamente 55 Ha, correspondientes a cerca del 5% del total del área de estudio modelada y se encuentran principalmente en el flanco oriental del cerro La Reserva, en las zonas de alta pendiente de la vereda El Líbano, en varios sectores de los Barrios Villa Rosa I, II y de la vereda del mismo nombre, en algunas de las laderas asociadas con el curso de los ríos Rumiyaco y Mulato, así como en la ladera del costado occidental de la vía por la salida a Villagarzón.

Estos resultados representan un insumo que se debe incorporar en los procesos de actualización del esquema de ordenamiento territorial y en el plan de gestión del riesgo municipal. Siempre acompañado de una metodología de apropiación social del conocimiento de la amenaza y de la comunicación con las comunidades, para un mejor ordenamiento del territorio y de las prácticas socio-económicas sin impactar negativamente en la vida de la población.











iGRACIAS!

¿Preguntas?

mrangel@sgc.gov.co jchaparro@sgc.gov.co gruiz@sgc.gov.co

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



ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR FLUJO DE DETRITOS COMO INSUMO PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN EL MUNICIPIO DE SOTARÁ - CAUCA

Enif Medina, Edgar A. Rodríguez, Carolina Alzate, Jairo Quintero y Emerson Mopán

Grupo de Ciencia e Ingeniería en Sistemas Ambientales-GCISA-TSEJK
UNIVERSIDAD DEL CAUCA









CONTENIDO

- 1. INTRODUCCIÓN
- 2. OBJETIVOS
- 3. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO
- 4. ANTECEDENTES
- CARACTERIZACIÓN GEOAMBIENTAL
- 6. METODOLOGÍA
- 7. RESULTADOS
- 8. CONCLUSIONES







INTRODUCCIÓN

La zonificación de amenaza por flujo de detritos del centro poblado de la Vereda San Roque – Las Vegas se desarrolló en el marco del convenio especial de cooperación 034 de 2020, suscrito entre el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y la Universidad del Cauca con recursos del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT), denominado Zonificación de Amenaza por Avenida Torrencial en los centros poblados de Paispamba y San Roque – Las Vegas del municipio de Sotará (Cauca) a escala 1:2.000.







OBJETIVOS

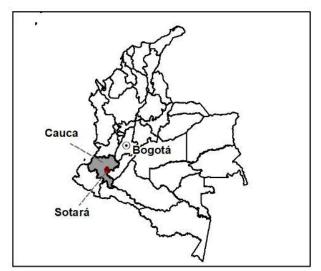
- Presentar la zonificación de amenaza por avenida torrencial en el centro poblado de la vereda San Roque – Las Vegas del municipio de Sotará-Cauca aplicando la guía metodológica para zonificación de amenaza por avenidas torrenciales (en construcción en el momento del estudio)
- Visibilizar la importancia de la co-construcción del conocimiento entorno a las amenazas por flujos

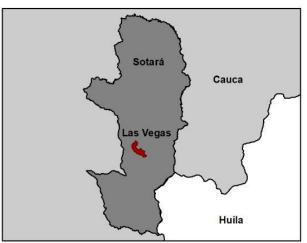


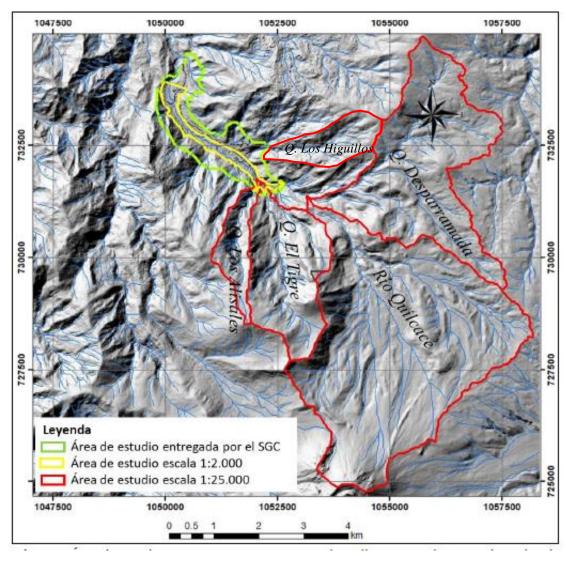




LOCALIZACIÓN













ANTECEDENTES

Reconstrucción del flujo de detritos del 14 de octubre de 2011





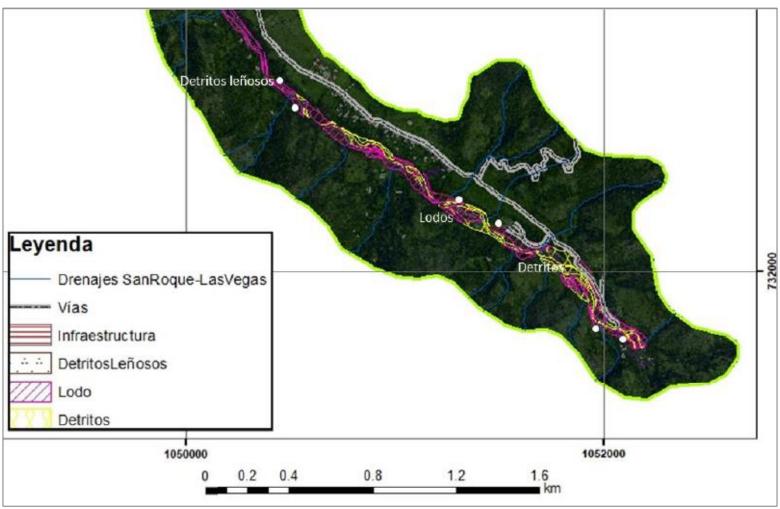








Reconstrucción del flujo de detritos del 14 de octubre de 2011









CARACTERIZACIÓN GEOAMBIENTAL

Zona	Microcuenca	Cota máx (m)	Cota min (m)	Longitud de la cuenca (km)	Longitud del drenaje (km)	Área de la cuenca (km²)
Río Quilcacé Las Vegas	Quebrada Los Higuillos	3404	2440	3,41	3,43	3,07
	Quebrada La Desparramada	3545	2770	4,59	5,28	9,75
	Río Quilcacé	4415	2730	6,72	7,36	18,99
	Quebrada El Tigre	3805	2530	4,01	4,21	4,99
	Quebrada Alisales	3716	2400	3,24	3,28	1,48



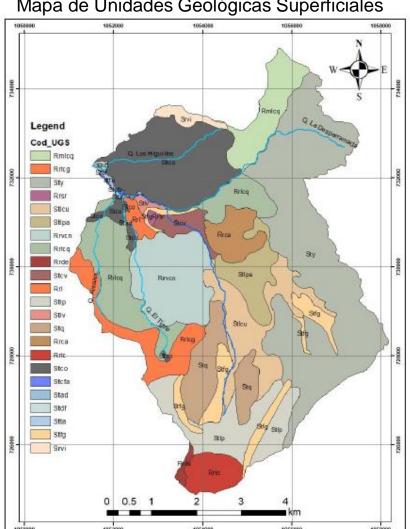




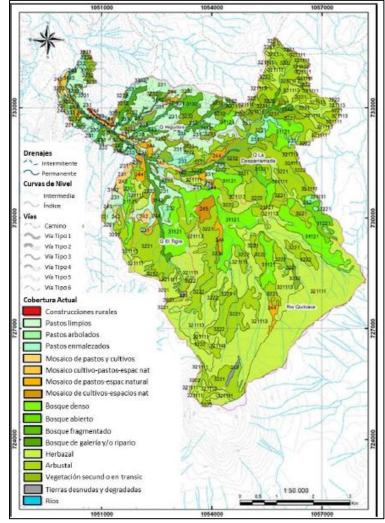


CARACTERIZACIÓN GEOAMBIENTAL

Mapa de Unidades Geológicas Superficiales



Mapa de Unidades de Cobertura de la tierra





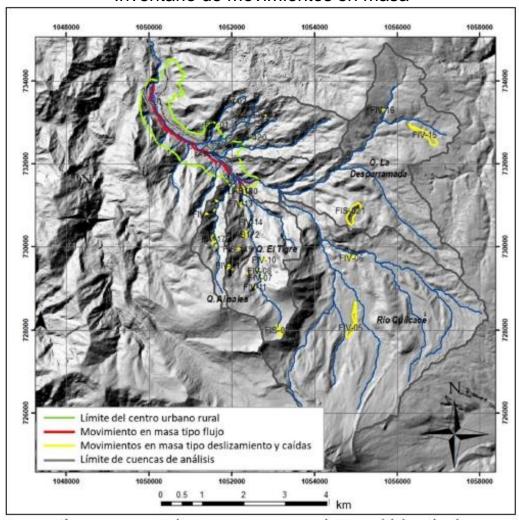




CARACTERIZACIÓN GEOAMBIENTAL



Inventario de movimientos en masa











INSUMOS BÁSICOS: -DEM

-Cartografía básica a escala 1:2000
-Imagen detallada de la zona de estudio
-Registros de la precipitación diaria de la
Estación Las Estrellas

ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR AVT A PARTIR DE GEOMORFOLOGÍA

CONOCIMIENTO DE LA COMUNIDAD LOCAL ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR AVT A PARTIR DE SIMULACIÓN NUMÉRICA

ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR AVT





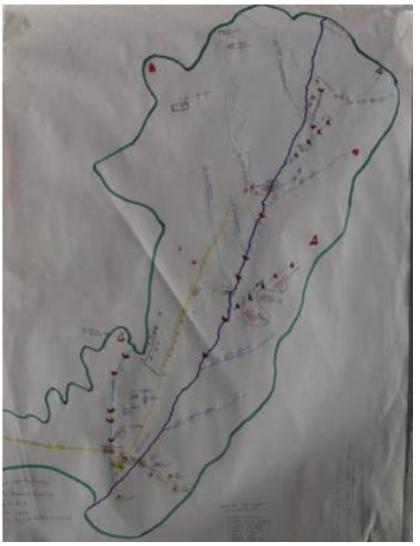




RESULTADOS – CONOCIMIENTO LOCAL

Talleres y entrevistas con la comunidad local.









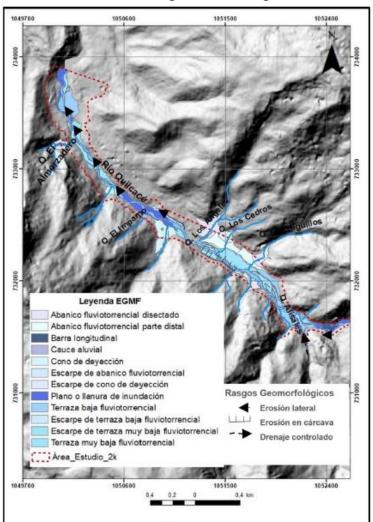


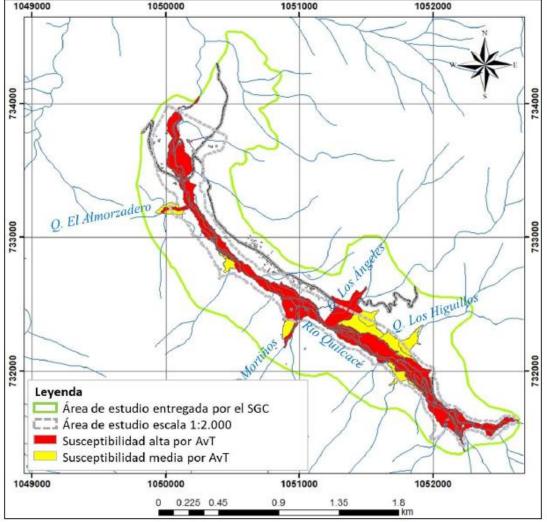


RESULTADOS – GEOMORFOLOGÍA

Elementos geomorfológicos

Zonificación de la susceptibilidad por AvT a partir de los elementos geomorfológicos







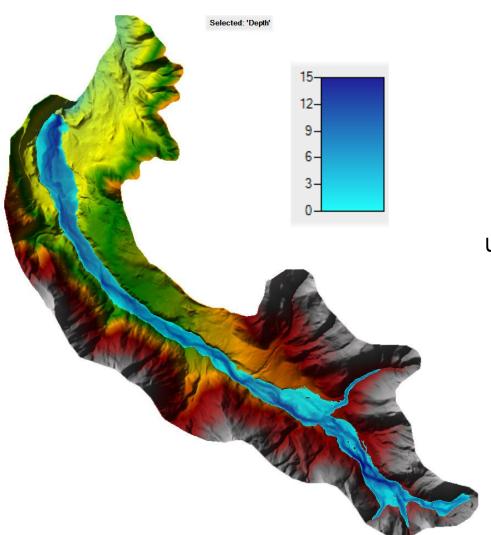






RESULTADOS - SIMULACIÓN NUMÉRICA

Profundidades máximas (m)



Resultados de la simulación para un período de retorno de 100 años



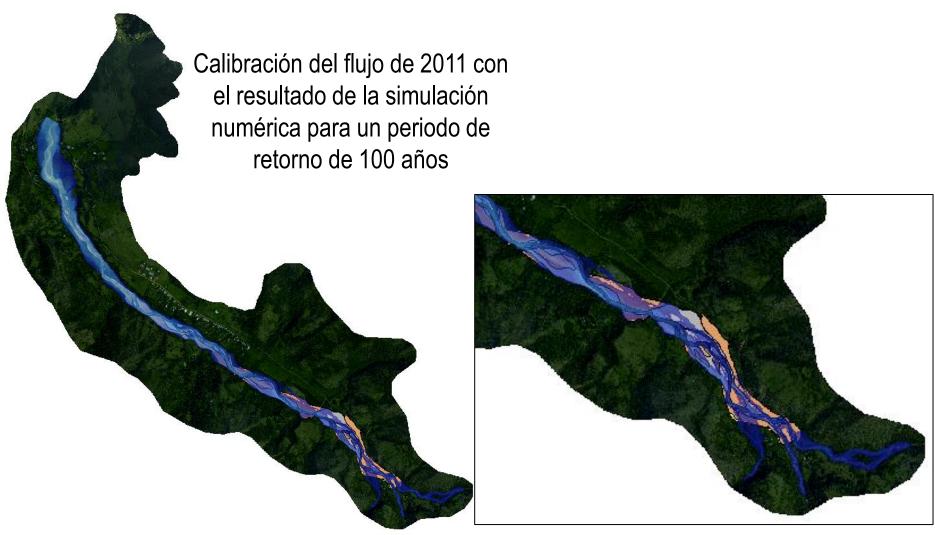






RESULTADOS - SIMULACIÓN NUMÉRICA

Profundidades máximas (m)



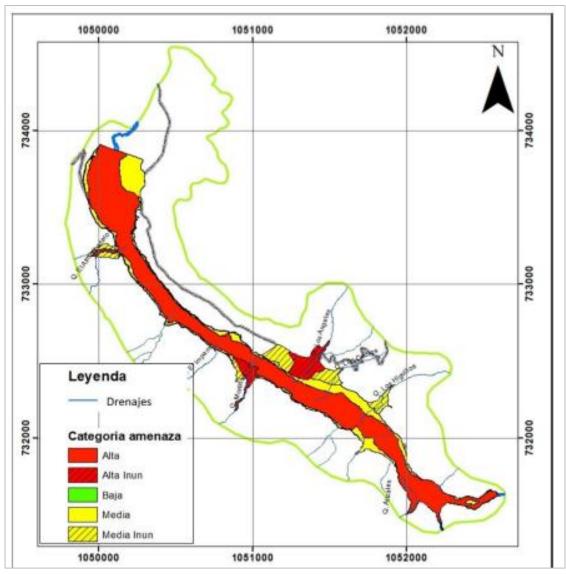








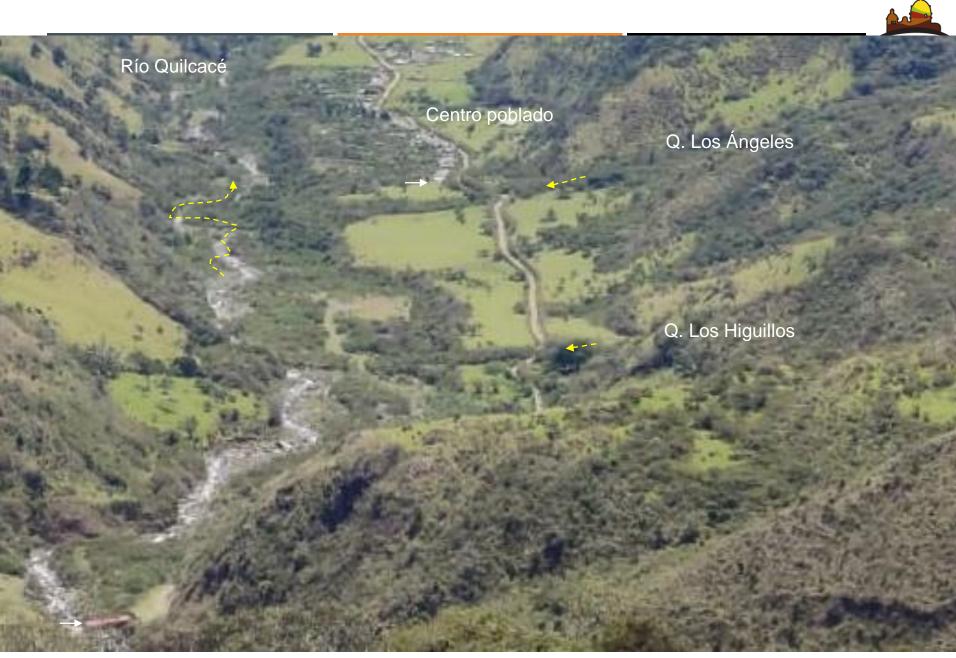
RESULTADOS – ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR AVT





















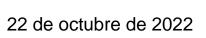
22 de octubre de 2022















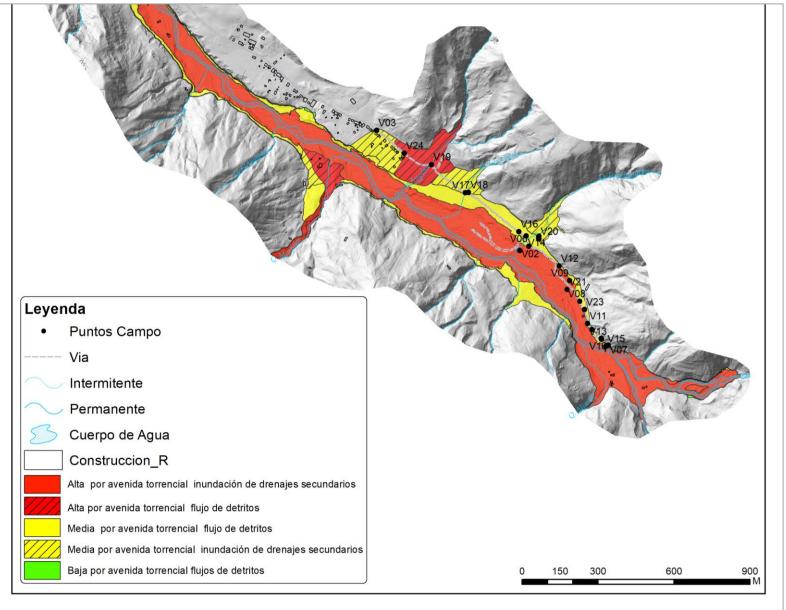


























22 de octubre de 2022

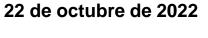
Q. Los Higuillos











Q. Los Higuillos

















22 de octubre de 2022 Q. Los Ángeles







Q. Los Ángeles







CONCLUSIONES

Este mapa de amenaza por avenida torrencial es el resultado de la articulación entre el conocimiento y experiencia de la comunidad, cartografía geomorfológica y simulación numérica.

El conocimiento y experiencia de la comunidad respecto de los eventos de avenida torrenciales tiene un gran potencial en la definición de los criterios de temporalidad necesarios para la caracterización de la amenaza por este tipo de eventos.

Es importante socializar con los habitantes de estas zonas los resultados de los estudios, la incorporación del conocimiento geocientífico debe trascender a las administraciones municipales

Los eventos de 22 de octubre y 8 de noviembre de 2022 permitieron validar los resultados de zonificación de amenaza obtenidos.















ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR FLUJO DE DETRITOS COMO INSUMO PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN EL MUNICIPIO DE SOTARÁ - CAUCA"







¡GRACIAS!

¿Preguntas? emedinab@unal.edu.co

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



ANCUYA (NARIÑO) EN RIESGO DE DESAPARECER

MANUEL GARCÍA LÓPEZ Socio Fundador Ingeniería y Geotecnia S.A.S. HUGO EDMUNDO CORAL MONCAYO
Profesor, Consultor
Universidad del Valle







CONTENIDO

- 1. INTRODUCCIÓN
- 2. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PROBLEMAS DE REMOCIÓN EN MASA EN ANCUYA Y OTRAS POBLACIONES DE NARIÑO
- 3. RESUMEN DE PROBLEMAS EN LA GESTIÓN DEL RIESGO EN POBLACIONES MEDIANAS Y PEQUEÑAS
 - 3.1. CONDICIONES HISTÓRICAS, FÍSICAS Y TÉCNICAS DE LA POBLACIÓN EN ESTUDIO.
 - 3.2. IMPACTOS DE LOS DESASTRES NATURALES SOBRE LA COMUNIDAD
- 4. CONCLUSIONES.









1. INTRODUCCIÓN

Con el título de esta ponencia y otras similares dadas en noticieros y periódicos, se ha informado al país acerca de los graves problemas de inestabilidad del terreno que está sufriendo el municipio de Ancuya, Departamento de Nariño, desde abril de 2021. Dichos problemas han causado la destrucción total o parcial de casas y calles, sistemas de acueducto y alcantarillado, líneas de transmisión de energía eléctrica, y las carreteras que conectan al municipio con otras del Departamento de Nariño, como Pasto, Linares, Guaitarilla, Consacá y Sandoná. Además, se han producido daños similares o peores en veredas de Ancuya y en otros municipios del departamento.

En la serie de fotografías del capítulo 2 se muestran casos registrados en Ancuya y varias poblaciones.

La multiplicidad de problemas (entre noviembre de 2021 y octubre del presente año se habla de casi 45 municipios afectados por la ola invernal que se ha abatido sobre el país desde hace dos años o más), ha llevado a los autores a plantear algunas reflexiones sobre las dificultades que enfrentan poblaciones intermedias y menores para la gestión exitosa de riesgos por remoción en masa.









• Ancuya, Nariño















Teleférico de Las Lajas











Teleférico de Las Lajas













• Teleférico de Las Lajas















• La Josefina: Vía Pasto - Ipiales











• La Josefina: Vía Pasto - Ipiales







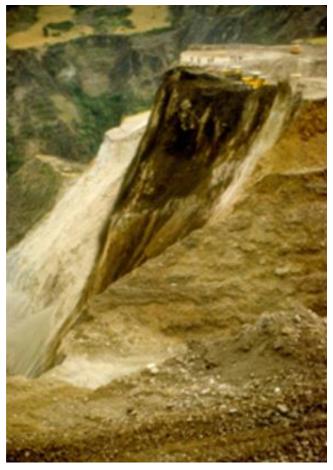




La Josefina: Vía Pasto - Ipiales



Reconstrucción de la carretera Pasto – Tumanco en el gran deslizamiento de La Josefina. (Fotos por el Geól. Juán Montero).



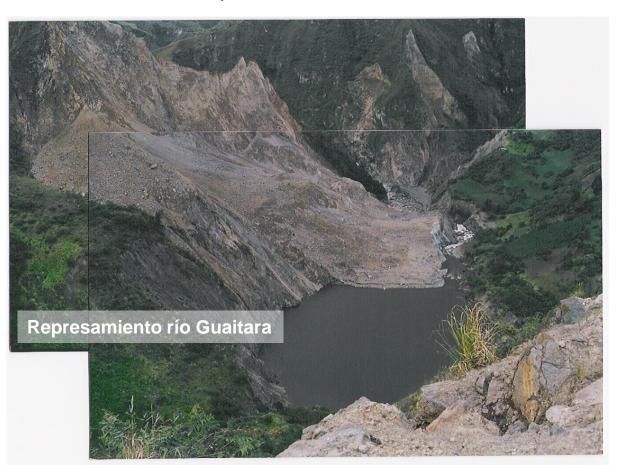








La Josefina: Vía Pasto - Ipiales













• Taminango, Nariño













Nueva Vía Pasto - Rumichaca













3.1. CONDICIONES HISTÓRICAS, FÍSICAS Y TÉCNICAS DE LA POBLACIÓN EN ESTUDIO

A este respecto puede plantearse una serie de preguntas cuya respuesta ayuda a fijar criterios sobre el posible desarrollo de la gestión del riesgo; hacemos las presentes como si fueran formuladas a autoridades municipales incluyendo historiadores y otros conocedores de la ciudad, las veredas y su gente. También se hacen para conseguir respuestas por los encargados del estudio de riesgos.

CUESTIONARIO

- 1. De acuerdo con la historia conocida de la población desde su fundación, responder las siguientes preguntas:
- a) ¿Durante la vida de ésta han ocurrido en el casco urbano problemas de deslizamientos, avalanchas, crecientes de quebradas que atraviesen la población o cercanas a ésta, inundaciones o sequías?
- b) ¿Ha sido necesaria la reubicación de la población o de parte de ella?
- c) ¿Han ocurrido los problemas mencionados en las veredas del municipio?









3.1. CONDICIONES HISTÓRICAS, FÍSICAS Y TÉCNICAS DE LA POBLACIÓN EN ESTUDIO CUESTIONARIO

- 2. En caso de contar la población con sistemas de acueducto, alcantarillado y suministro de energía eléctrica, ¿Han ocurrido daños en dichos sistemas e instalaciones?. Por favor explique en forma breve en que han consistido los daños.
- 3. a) ¿Existen en el municipio entidades u organizaciones como la Defensa Civil, el Cuerpo de Bomberos, un Comité Local de emergencias o de atención de riesgos y desastres?
 - b) ¿Existe en la ciudad una estación hidrometeorológica?. Si no existe, ¿sabe de otra población cercana en la cual si haya una Estación?
 - c) ¿Existe en la ciudad un colegio o instituto técnico?

NOTA: Si la respuesta es positiva es posible adelantar un programa para preparar estudiantes de 11 de Bachillerato para integrar un comité técnico que junto con las entidades ya mencionadas puedan constituir un Grupo o Comité de Estabilidad encargado de examinar, discutir y comunicar a las autoridades locales, así como a entidades Departamentales y Nacionales los diversos problemas, y ayudar a ilustrar o preparar a la comunidad en la atención a dichos problemas, y colaborar en dar alarmas o avisos de los problemas.









3.1. CONDICIONES HISTÓRICAS, FÍSICAS Y TÉCNICAS DE LA POBLACIÓN EN ESTUDIO CUESTIONARIO

4. ¿Cuentan las autoridades municipales con planchas topográficas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), de la población y la zona o región en la cual se encuentra?

NOTA: Si la respuesta es positiva, ¿Están los funcionarios municipales, el cuerpo de bomberos, los profesores y estudiantes de los colegios, u otros grupos o entidades bien familiarizados con las características físicas del terreno que ocupa la población y sus alrededores?

Si su respuesta es negativa, proceder de inmediato a obtener las planchas correspondientes en el IGAC, mediante el siguiente procedimiento:.....

En cualquiera de las dos posibilidades anteriores, una vez cuenten con las planchas del IGAC, es de la mayor importancia que tengan copias de ellas en los colegios y se establezca con los directivos (Rector o Rectora, por ejemplo) y profesores una cátedra en la cual se enseñe a los estudiantes con el mayor detalle posible, todo lo relacionado con la geografía y topografía del municipio, sus valles, montañas, ríos y quebradas, barrios, veredas, corregimientos, carreteras y poblaciones con las cuales están comunicados.









- 5. Podrían clasificarse los problemas geotécnicos que ocurren en mayor grado desde (tal fecha) en cualquiera de los siguientes tres grandes grupos:
 - a) Los que amenazan la existencia de barrios enteros de la ciudad vecinos a la zona más afectada por el problema (deslizamiento, quebrada en la cual hubo o ha ocurrido en el pasado reciente una avenida torrencial (o avalancha), otras.
 - b) Los que afectan varias veredas, algunas del Municipio en estudio, u otras de municipios vecinos.
 - c) Los que ocurren en las carreteras que comunican a esta ciudad con ciudades vecinas como (dar nombres) u otras.
- ¿Considera usted que es acertada esta clasificación?









3.1. CONDICIONES HISTÓRICAS, FÍSICAS Y TÉCNICAS DE LA POBLACIÓN EN ESTUDIO CUESTIONARIO

- 6. Si han ocurrido inundaciones graves en calles y casas de la ciudad. ¿Podrían informar lo siguiente?:
 - a) ¿El origen de las inundaciones está en que existen quebradas que atraviesan la ciudad? ¿En cual dirección la atraviesan?
 - b) Si lo anterior es correcto, ¿Esas quebradas han tenido alguna canalización previamente?
 - c) ¿Si no existen quebradas, a que se deben las inundaciones?

NOTA: Por ejemplo, puede ser que debido a las fuertes y continúas lluvias hay chorros de agua lodosa por las vías que descienden hacia el casco urbano desde alguna montaña vecina, y fluyen por las calles inundando las casas y depositando lodos y rocas en las calles mismas.









- 7. En el estudio de amenaza por eventos naturales es de importancia conocer los siguientes aspectos que podrían constituirse en eventos antrópicos contribuyentes al problema:
 - a) ¿Tiene la población un alcantarillado de aguas lluvias y residuales o servidas, o existe un alcantarillado combinado?
 - b) Si la respuesta anterior es positiva ¿dónde y cómo desagua el alcantarillado?. ¿en qué condiciones se encuentran actualmente las instalaciones de dichos servicios comunitarios?
 - c) ¿Hay una entrega única del sistema de alcantarillado, o cada barrio y calle entregan sus aguas a corrientes y quebradas vecinas que a su vez desaguan en los ríos principales vecinos?
 - d) ¿Hay casas construidas en la vecindad del borde superior o cresta de laderas de alta pendiente desaguan simplemente a dichas laderas?









3.1. CONDICIONES HISTÓRICAS, FÍSICAS Y TÉCNICAS DE LA POBLACIÓN EN ESTUDIO CUESTIONARIO

NOTA: Con estas preguntas no se busca asignar culpabilidades a los habitantes de la ciudad en estudio, sino señalar que una de las necesidades de ésta consistiría en dotar a la ciudad de un sistema de alcantarillado. Comentamos que el autor principal, Ing. Manuel García tuvo a su cargo un estudio solicitado a la Universidad Nacional a comienzos de la década de los 70 del siglo pasado, de problemas algo similares a los que tienen lugar hoy en dia, que ocurrían en la Ciudad de Cajamarca (Tolima), ciudad erigida sobre una meseta, flanqueada por los ríos Anaime y Bermellón. En especial al Anaime vertían las aguas de casas y calles y del matadero municipal, y producían problemas de erosión que amenazaban la existencia de buena parte de la ciudad. Parte importante de la solución consistió en la construcción de un alcantarillado con efluentes al río Anaime, cerca de su unión con el Bermellón y entregar aguas lluvias y residuales en forma controlada a dichos ríos.









- 8. a) ¿Han visitado la ciudad y estudiado los problemas v profesionales del Comité de Gestión del Riesgo del departamento o Geólogos del Servicio Geológico Colombiano (antes INGEOMINAS), de otras entidades departamentales y nacionales?.
 - b) ¿Se ha realizado una zonificación de amenazas o de riesgos de origen natural del municipio?
 - c) ¿Se ha elaborado y entregado a las autoridades municipales (la Señora Alcaldesa) algún informe con la descripción climática y geológica, tanto local como regional, las diversas amenazas, causas y mecanismos de falla de los eventos amenazantes? ¿Se han planteado conclusiones y recomendaciones de obras remediales y nuevos estudios?
 - d) ¿Han suministrado a la ciudad publicaciones o manuales sobre los problemas geológicogeotécnicos o hidrometeorológicos que sufren, por ejemplo los que publican el Servicio Geológico Nacional, el IDEAM, universidades, u otras entidades?









- 9. Si el municipio se encuentra en región cafetera es muy conveniente aprovechar que la Federación Nacional de Cafeteros opera en Chinchiná (Caldas), un centro de investigación del café que entre sus múltiples actividades tiene estaciones meteorológicas en zonas cafeteras, elabora y distribuye folletos u otras publicaciones relacionadas con el control de erosión y la estabilización de deslizamientos.
 - a) ¿Tienen noticia en el municipio de estas ayudas para la zona cafetera?
 - b) ¿Saben si funciona en el municipio o en vecinos alguna oficina de la Federación a través de la cual se puedan tramitar estos servicios?
 - c) ¿Han tenido actualmente visitas de expertos de la Federación?









- 10. Indicar si en los últimos años y en especial desde 2010 -2011 o desde 2020 hasta la actualidad, han ocurrido problemas como lo siguientes:
 - a) ¿Grandes crecientes en ríos y quebradas principales vecinos que hayan causado serios problemas de socavación en la base de las laderas que descienden de la ciudad?
 - b) ¿Saben si han ocurrido represamientos de los ríos mencionados por deslizamientos de laderas vecinas tanto en sectores aguas arriba de la ciudad, como enfrente y abajo de la misma?.









3.2. IMPACTOS DE LOS DESASTRES NATURALES SOBRE LA COMUNIDAD

Un desastre natural ocurre cuando un evento extremo geológico, meteorológico o hidrológico excede la habilidad o la capacidad de la comunidad para superar sus manifestaciones y efectos. Además de los efectos humanos, la evaluación de los impactos sobre la comunidad es importante por tres razones técnicas. (Lindell y Prater, 2003).

- a) La información es útil para los líderes de la comunidad, después de suceder el desastre, para determinar si hay necesidades de ayuda externa (internacional por ejemplo) y de que valor.
- b) Puede usarse para identificar segmentos específicos de la comunidad que han sido afectada en forma desproporcionada (niveles sociales inferiores, gentes de bajos recursos, grupos humanos incomunicados, minorías étnicas, tipos específicos de negocios y comercios). Tanto en el caso ocurrido como hacia el futuro.
- c) Los planificadores pueden desarrollar proyecciones de impactos futuros para estimar consecuencias potenciales o hacer los ajustes necesarios en vulnerabilidad social, humana y de infraestructura.









3.2. IMPACTOS DE LOS DESASTRES NATURALES SOBRE LA COMUNIDAD

La evaluación del impacto de los desastres es un proceso complejo dado que los efectos de las características del agente amenazante sobre los impactos físicos, depende de las prácticas de mitigación y la preparación de la comunidad ante amenazas. Los impactos físicos a su vez causan los impactos sociales y estos pueden ser reducidos por los recursos para reparación de los efectos y la ayuda externa.

Entre los factores que intervienen en la modelación de los impactos, pueden citarse las características de la amenaza (del agente o factor de amenaza), los impactos físicos, las prácticas de mitigación, los recursos para reparación y la ayuda extra-comunitaria. En la preparación para emergencias, los impactos sociales y psicosociales, los impactos socio – demográficos, los socio económicos y los políticos. Considerando que además de los anteriores, en Colombia están la propensión a buscar culpables a los cuales asignarle el costo de los daños y reparaciones, la acción de interponer demandas legales con el fin de lucrarse de las ayudas y recursos, y el aprovechamiento frecuente de infiltrados en los grupos realmente damnificados.

En los estudios por lo tanto es necesario contar con especialistas en cada uno de estos temas (sociólogos, psicólogos, administradores de empresas, financistas, médicos y otras áreas de la ingeniería civil además de la geotecnia).







4. CONCLUSIONES



La participación en los estudios y el tratamiento de los estudios geotécnicos descritos en la presente ponencia, para poblaciones medianas y pequeñas es un campo muy amplio en el cual puede y debe manifestarse el sentido social de la geotecnia, el dominio y la experiencia en el estudio y solución de los problemas de remoción en masa que exceden en gran medida las posibilidades de reacción (resiliencia), los recursos económicos y técnicos de las poblaciones y la recuperación de los daños en la infraestructura. Se debe actuar con prudencia, comprensión, sencillez y ética, incluso haciendo a un lado o racionalizando las pretensiones económicas de la profesión.











iGRACIAS!

¿Preguntas? mgarcial@ingenieriaygeotecnia.com

XVII CONGRESO COLOMBIANO DE GEOTECNIA "EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE RIESGOS GEOTÉCNICOS CON ÉNFASIS EN LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO"

14 al 18 de Noviembre de 2022



ANÁLISIS, VERIFICACIÓN Y AJUSTE DE UMBRALES DE PELIGRO GEOTÉCNICO A PARTIR DEL MONITOREO CON RADARES IBIS EN EL CERREJÓN

Ciro Sánchez B. & Nicolás Quintana P. Analista de Monitoreo Geotécnico Carbones del Cerrejón







CONTENIDO

Generalidades

Localización

Pared Alta -Pared Baja

Metodología

Análisis de datos

Prueba Piloto

Conclusiones





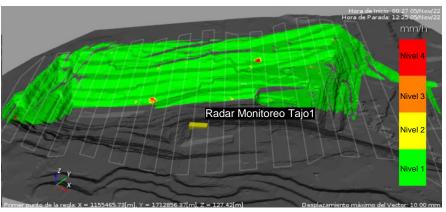


GENERALIDADES

Evaluar y ajustar los umbrales de peligro utilizados para determinar las condiciones de estabilidad de los taludes (Paredes bajas y paredes altas) correspondientes a los tajos de la mina el Cerrejón, mediante el análisis de los movimientos identificados a partir de imágenes de radar por escaneo interferométrico (Image By Interferometric Survey, IBIS por sus siglas en inglés).



Radar IBIS. Fuente: Autor, 2022



Mapa de Peligros Geotécnicos. Fuente: Autor, 2022



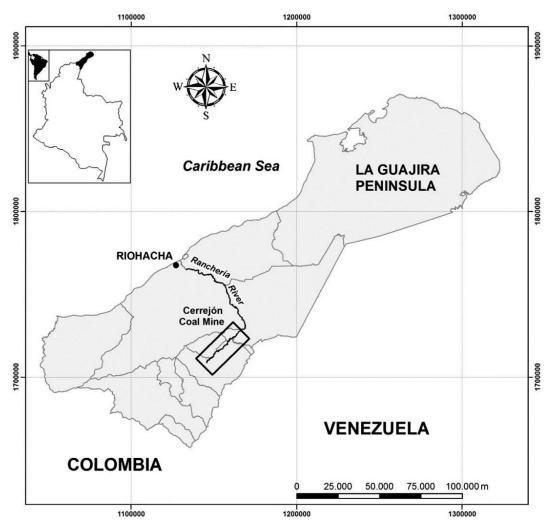
Evento Geotécnico. Fuente: Autor, 2022







LOCALIZACIÓN



- Norte de Colombia
- Región Caribe de Colombia
- Península de La Guajira

Localización General. Fuente: Quintero et al, 2009



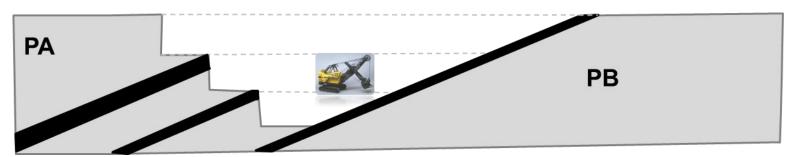






PARED ALTA – PARED BAJA





Representación Gráfica de pared alta y pared baja. Fuente: Autor, 2022







METODOLOGÍA

SELECCION DE DATOS MANEJO DE DATOS · Localizacion de eventos Organizar y tabular la información Geotecnicos Descarga de la · Identificar fecha del evento información histórica por Geotecnico · Seleccionar periodo de eventos interés para retro-análisis · Revision histórica de · Graficar desplazamiento del eventos Geotecnicos evento geotecnico • Existencia de la · Identificar punto de falla y graficar desplazamiento información · Acceso a la información velocidad en un periodo de 48 histórica horas · Cuantificar alarmas (N2-N3-N4) Validar umbrales · Proyecto piloto de nuevos umbrales DATOS HISTORICOS ANALISIS DE DATOS

Secuencia de la Metodología Implementada. Fuente: Autor, 2022

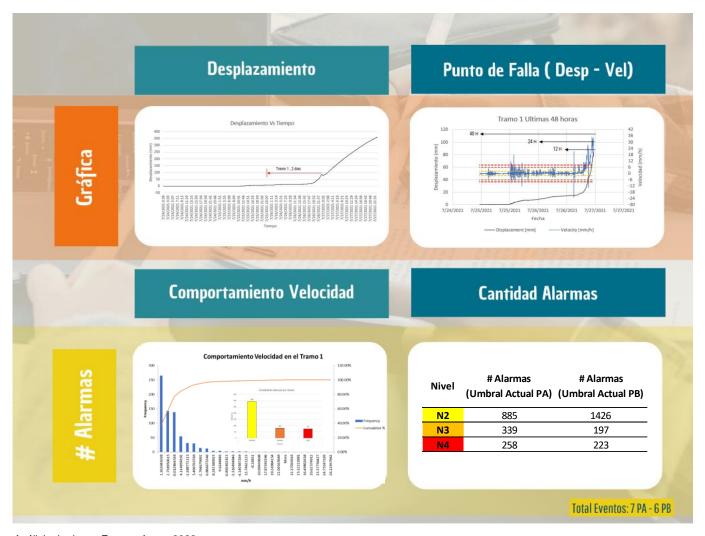








ANÁLISIS DE DATOS



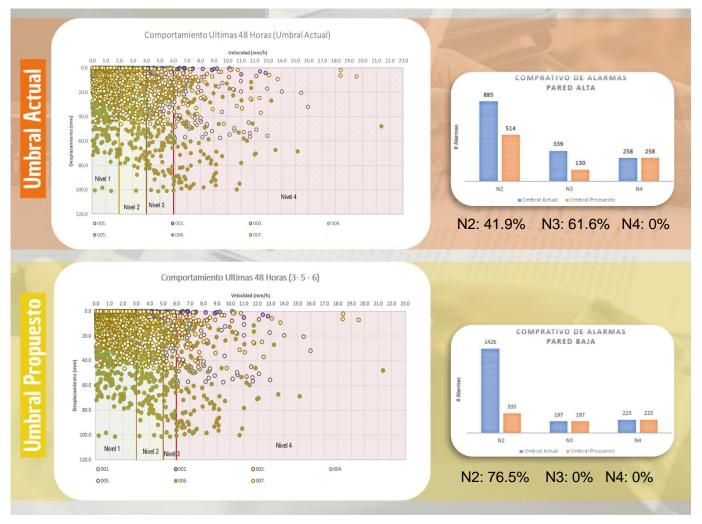
Análisis de datos. Fuente: Autor, 2022







ANÁLISIS DE DATOS



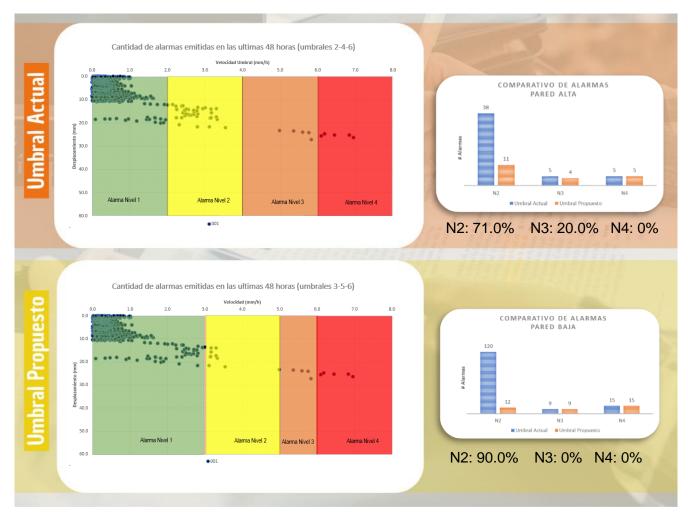
Análisis de datos. Fuente: Autor, 2022







PRUEBA PILOTO



Prueba Piloto. Fuente: Autor, 2022

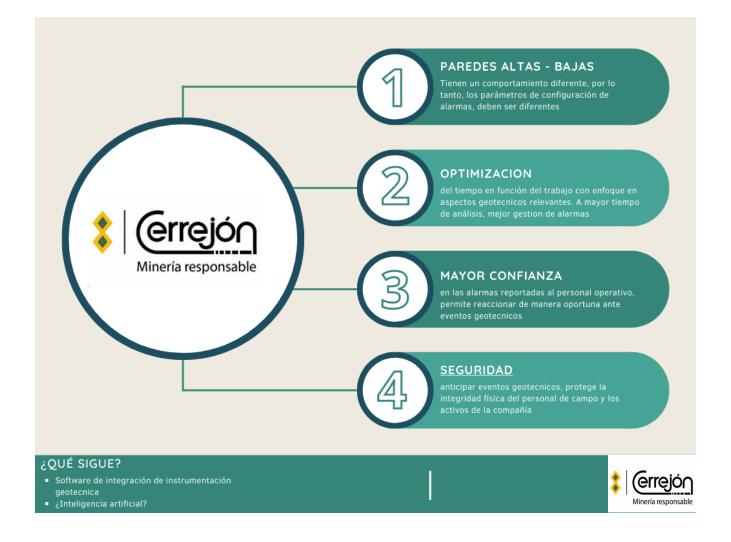






CONCLUSIONES















iGRACIAS!

¿Preguntas?

ciro.sanchez@cerrejon.com nicolas.quintana@cerrejon.com

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



ANÁLISIS DE LAS VARIABLES PRINCIPALES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DE MONOPILOTES SOMETIDOS A CONDICIONES DE CARGAS TÍPICAS DE LA ZONA COSTERA DE LA CIUDAD DE BARRANQUILLA

José E. Salcedo^{1,2}, Rubén Tovar² y Vicente Mercado²

Universidad de la Costa (CUC)¹, Universidad del Norte²









CONTENIDO

- 1. Introducción
- 2. Comportamiento de pilotes sometidos a cargas laterales
- 3. Zona de estudio y variables relevantes evaluadas
- 4. Verificación del modelo constitutivo implementado
- 5. Simulaciones en elementos finitos
- 6. Conclusiones

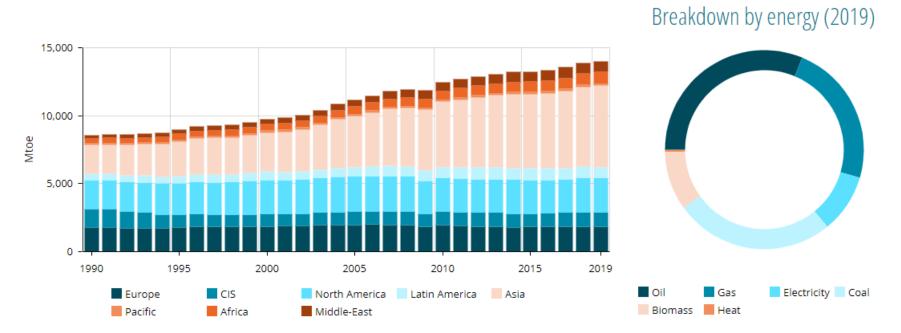








- El consumo global de energía crece exponencialmente año a año
- La mayor parte de la energía usada proviene del petróleo y el carbón







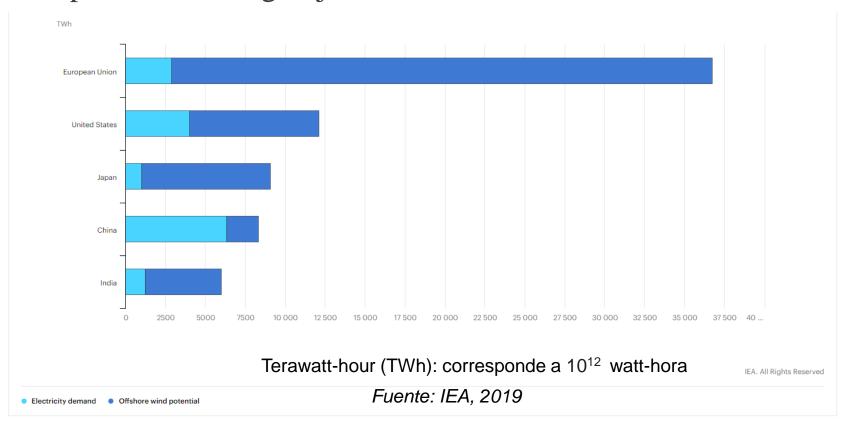








Una alternativa muy prometedora es la producción de energía limpia a través de granjas de turbinas eólicas.





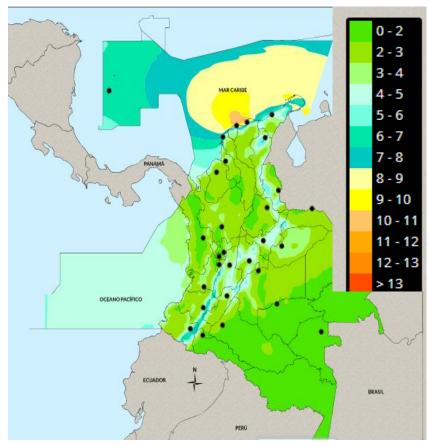






Velocidades de viento en Colombia

Velocidad del viento en m/s a 10 m.





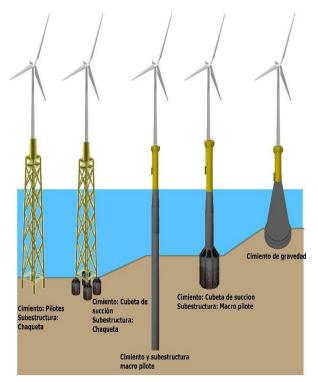




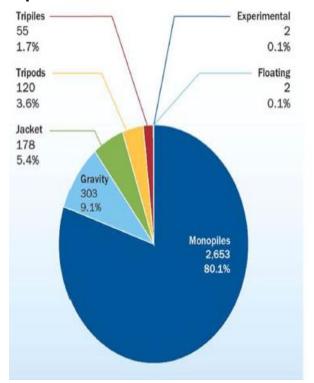


Las cimentaciones de estructuras offshore representan del 30-40% de los costos totales de instalación (Byrne et al. 2003).

Mas del 80% de las cimentaciones son monopilotes



Fuente: (Troya Diaz, 2017)



Fuente: (EWA, 2015)









Variables geomecánicas

Variables de entrada

- Características del suelo
- 2. Condiciones ambientales
- 3. Dimensiones del pilote
- > Longitud
- Diámetro

Variables de salida

- Exceso de presión de poros
- 2. Desplazamientos
- 3. Rotaciones
- 4. Momentos
- Trayectoria de esfuerzos



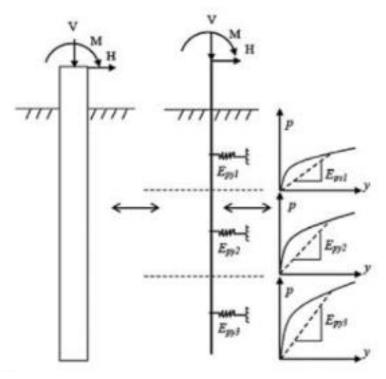






2. Comportamiento de pilotes sometidos a cargas laterales – métodos tradicionales

Curvas p-y método API (2014):



Fuente: (Arshad & O'Kelly, 2016)









2. Comportamiento de pilotes sometidos a cargas laterales

Modelos Constitutivos del suelo usualmente usado

- a) Modelos plásticos simples
- b) Teoría del Estado crítico.
- c) Incrementos no lineales
- d) Múltiples superficies
- e) Doble endurecimiento
- f) Superficie límite
- g) Única superficie de fluencia







2. Comportamiento de pilotes sometidos a cargas laterales

Modelos Constitutivos del suelo: Modelo de múltiples superficies de

fluencia (Khosravifar et al., 2018)

$ au_{zy}$	A G T T T T T T T T T T T T T T T T T T
(a)	(b) (c)
Parámetros del modelo	Fuente: Khosravifar, 2

Parámetros del modelo	
$(N_{1})_{60}$	
Densidad relativa, D_r [%]	
Relación de resistencia cíclica, CRR $_{\sigma=1,\;M=\;7.5}$	
Densidad [t/m3]	
Presión efectiva promedio de referencia, P _r ´[kPa]	
Módulo de cortante pequeñas deformaciones con presión de refo G_{max} [Mpa]	erencia
Máxima deformaciones cortantes con presión de referencia, Y_{max}	ıx
Módulo de Bulk con presión de referencia B _r [Mpa]	
Coeficiente dependiente de la presión, d	
Angulo de fricción DSS ϕ_{DSS}	
Angulo de fricción modelo φ	

Parámetros del modelo		
Angulo de transformación de fase ϕ_{PT}		
Coeficiente de contracción, C_a		
Coeficiente de contracción, C_b		
Coeficiente de contracción, C_c		
Coeficiente de contracción, C_d		
Coeficiente de contracción, C_e		
Coeficiente de dilatación, d _a		
Coeficiente de dilatación, d_b		
Coeficiente de dilatación, d_c		
Número de superficies de fluencias, NYS		
Cohesión no drenada, S _o [kPa]		









CONTENIDO

- 1. Introducción
- 2. Comportamiento de pilotes sometidos a cargas laterales
- 3. Zona de estudio y variables relevantes evaluadas
- 4. Verificación del modelo constitutivo implementado
- 5. Simulaciones en elementos finitos
- 6. Conclusiones

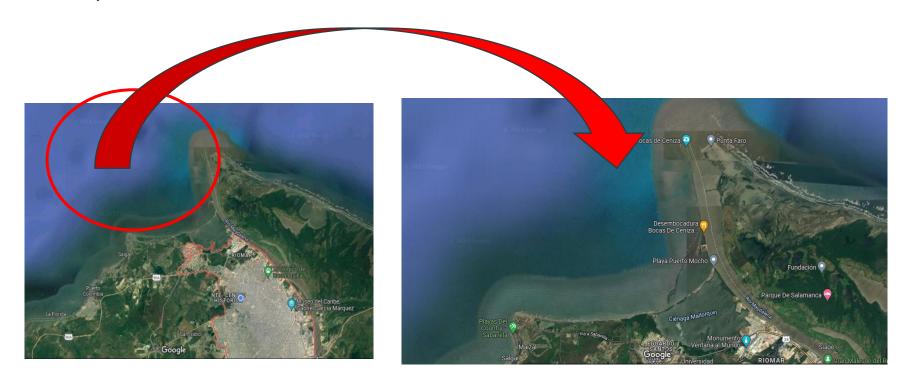








Barranquilla, Atlantico.



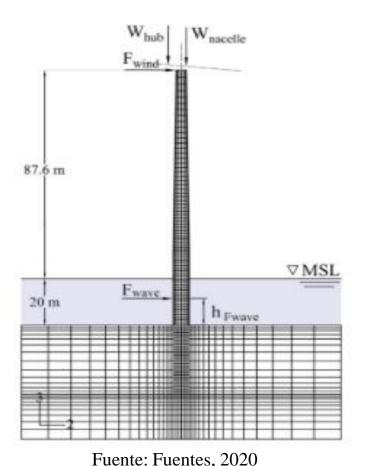








Cargas consideradas



Carga del viento

$$F_{wind} = \frac{1}{2} p_a A_r C_T U^2_{hub}$$

Fuente: Hansen (2008)

Carga del oleaje

$$F^{l}_{wave} = \rho_{w}gH_{s}\frac{C_{m}\pi D^{2}_{p}}{8}tanh(kd)$$

$$F^{D}_{wave} = \rho_{w}gH_{s}\frac{C_{m}\pi D^{2}_{p}}{8}\left[\frac{1}{2} + \frac{kd}{\sinh(2kd)}\right]$$

Fuente: Morrison et al. (1950)









Condiciones de viento y oleaje

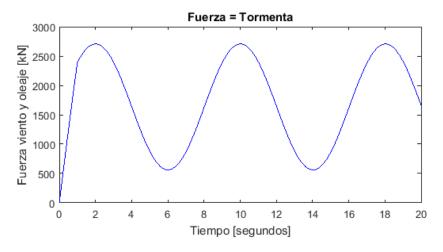
Mes	Velocidades media 10 m (m/s)		
	Mínimo	Máximo	
Enero	11	12	
Febrero	13	>13	
Marzo	12	>13	
Abril	10	12	
Mayo	8	9	
Junio	8	9	
Julio	9	10	
Agosto	8	9	
Septiembre	6	7	
Octubre	6	7	
Noviembre	9	10	
Diciembre	11	12	
Promedio	9.3	9.7	

Fuente: (IDEAM, 2021)

# Boya	Alt. Mínima [m]	Promedio [m]	Valor estándar [m]	Alt. Máxima [m]
41194	0.92	2.28	0.56	4.32

Fuente: Osorio et al. (2016)

Condiciones tormenta Velocidad del viento: 17 m/s **Altura de la ola:** 4 m



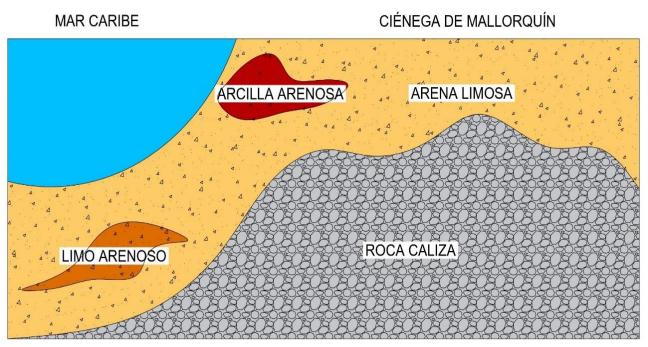








Estratigrafía general



Fuente: Universidad del Norte 2005, Universidad del Norte 2012



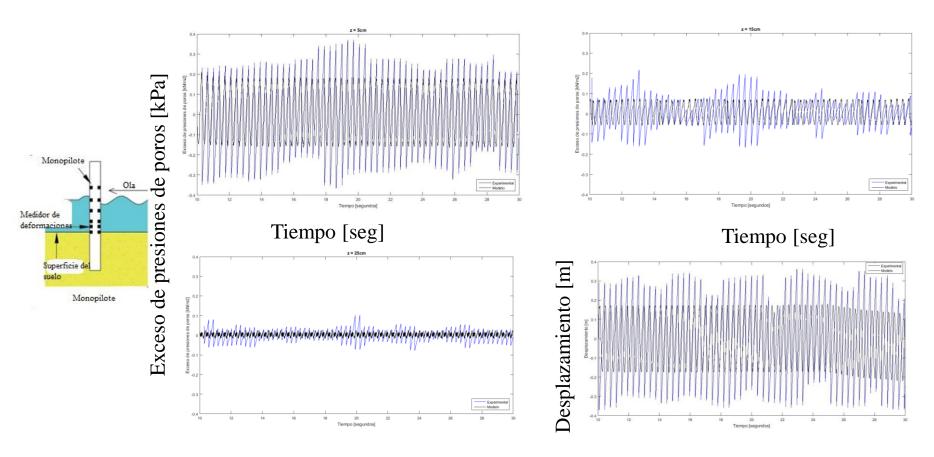






4. Verificación del modelo constitutivo implementado

Verificación del modelo constitutivo con respecto al ensayo a escala reportado por Huang et al. (2017)











Variables geométricas consideradas

Diámetro: 4m, 6m y 7 m

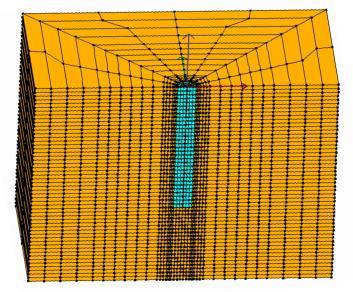
Longitud del pilote: 30 m, 60 m y 80 m

Densidad relativa de la arena: Media, densa y muy densa.

Condiciones ambientales*: Tormenta

* Cargas de viento y oleaje

Geometría del modelo en elementos finitos usando el software OpenseesPL



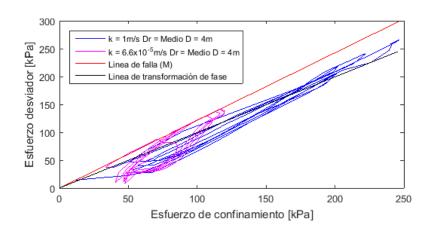


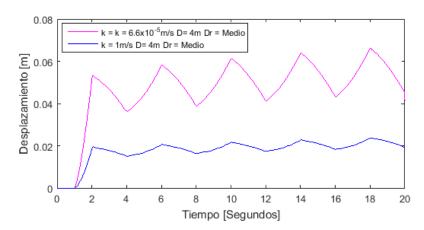






Trayectoria de esfuerzo y desplazamiento drenado y no drenado Profundidad = 5.5 m





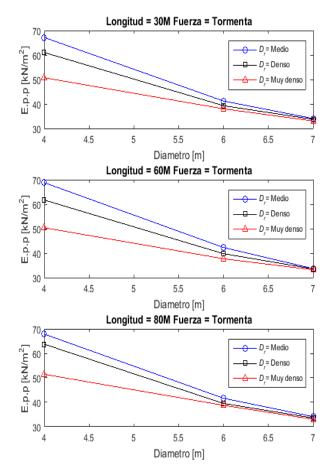








Exceso de presiones de poros máximas



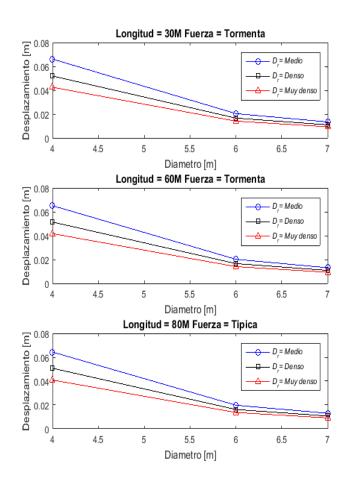








Desplazamientos máximos



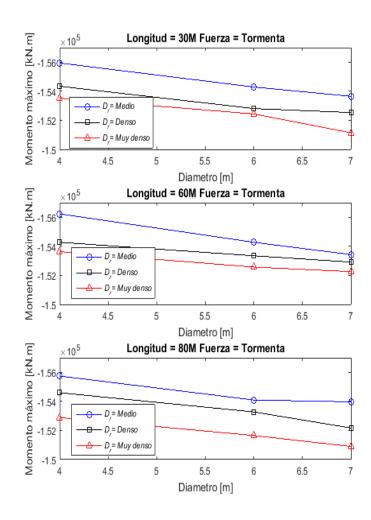








Momentos máximos



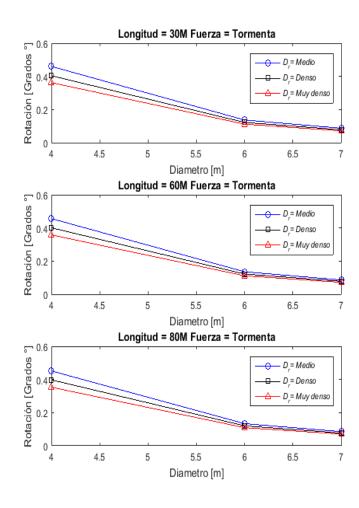








Rotaciones máximas



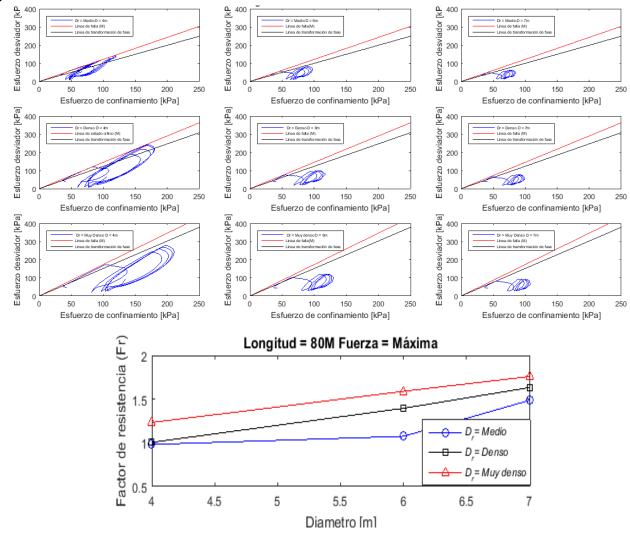








Trayectoria de esfuerzos efectivos











6. Conclusiones

- A medida que el diámetro del pilote aumenta se reduce el exceso de presión de poros, el desplazamiento, la rotación y el momento del pilote.
- A medida que la densidad relativa del suelo aumenta se reduce el exceso de presión de poros, el desplazamiento, la rotación y el momento del pilote.
- La longitud del pilote no afectó de manera significativa el exceso de presión de poros, el desplazamiento, la rotación y el momento del pilote.
- Las trayectorias de esfuerzos se ven afectadas de manera directas por el diámetro del pilote y la densidad relativa, entre menor sean, el suelo tenderá a mas deformaciones y a fallar.
- Los desplazamientos (0.06 m) y las rotaciones (0.45°), en condición de tormenta, no excedieron los permitidos establecidos por normas e investigaciones que son de 0.2 m y 0.5°, respectivamente (Arany L. et al, 2015; DNV-GL-AS,2016)







Limitaciones

- No se realizó la modelación con ensayos de laboratorios propios del suelo.
- No se tuvo en cuenta el efecto de la marea ni de corrientes.
- Numero de ciclos de carga fue limitado debido a tiempos de computación.
- No se tuvo en cuenta el método de instalación del pilote.











iGRACIAS!

¿Preguntas?

jsalcedo35@cuc.edu.co jesalcedo@uninorte.edu.co

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



ADAPTACIONES A UN MODELO DE ELEMENTOS FINITOS PARA REPRODUCIR RESULTADOS DE PRUEBA DE CARGA DE PILOTE CARGADO LATERALMENTE

Paola Murcia Dávila, Lic.Física, IC.
Dir. Félix Hernández Rodríguez
Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá
Facultad de ingeniería
Ingeniería civil y agrícola









INTRODUCCIÓN

En muchas circunstancias de la ingeniería civil, se debe proveer de estructuras aptas para soportar cargas laterales de importancia. Tal es el caso de los sistemas de reacción requeridos para los cables de puentes colgantes y atirantados, de las estructuras de contención, de las plataformas marítimas o los sistemas de cimentación para aerogeneradores offshore y de un buen número de obras portuarias.

El diseño de estas cimentaciones debe garantizar las medidas necesarias para que las estructuras soporten de manera segura las solicitaciones sísmicas, los impactos y los empujes horizontales, además de las fuerzas verticales. Cuando los suelos superficiales no son lo suficientemente competentes para soportar esas cargas horizontales, porque llegarían a su condición de fluencia, se debe recurrir a las cimentaciones profundas: pilas, pilotes, *caissons* y similares.

El método de los elementos finitos consiste en una técnica numérica, que está siendo incorporada cada vez con más frecuencia dentro de las herramientas de cálculo para resolver problemas de ingeniería geotécnica. Los programas de elementos finitos brindan la posibilidad de analizar, entre otros, problemas que involucran la interacción entre el suelo y las estructuras, también ofrecen la posibilidad de analizar problemas con geometría tridimensional y la facilidad de incorporar las dimensiones y las características geométricas reales de las estructuras objeto de estudio. No obstante, en muchas ocasiones el uso de este tipo de herramientas implica la implementación de adaptaciones a los modelos de elementos finitos, con el fin de lograr un grado de verosimilitud aceptable entre los resultados obtenidos y lo que se espera del sistema en cuanto a su comportamiento real.











Para resolver un problema con condiciones de frontera mediante el método de los elementos finitos se deben desarrollar los siguientes pasos:

- Discretizar, es decir dividir el dominio del sistema en elementos de tamaño finito los cuales se definen a partir de un conjunto de nodos
- Encontrar una solución aproximada del problema de condiciones de frontera en los nodos
- Interpolar el valor de la solución en el interior de los elementos a partir de los valores encontrados en los nodos, esto se hace a través de una función de interpolación









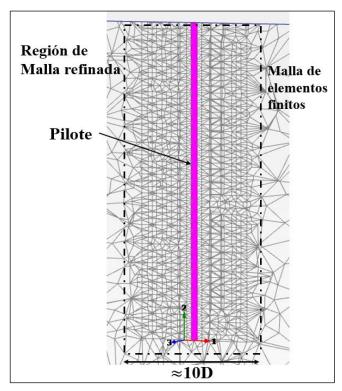


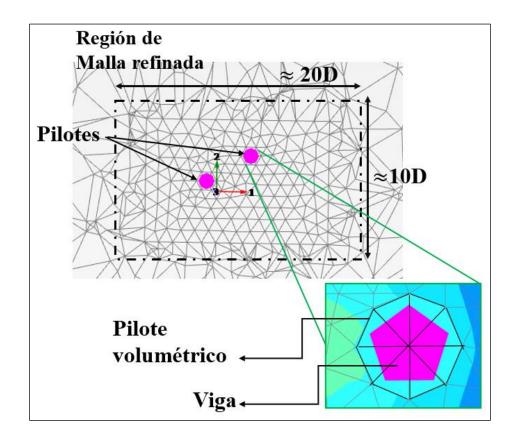
Modelo FEM

Entre las pruebas de carga mejor documentadas se encuentra el caso de la evaluación de pilote individual y grupos de pilotes cargados lateralmente en el puente Roosevelt, desarrollado por Ruesta, P.F. Townsend, F.C. (1997)

Con el software de análisis geotécnico PLAXIS 3D de la casa Bentley, se ensambló un modelo tridimensional con las características de la prueba

Malla de elementos finitos







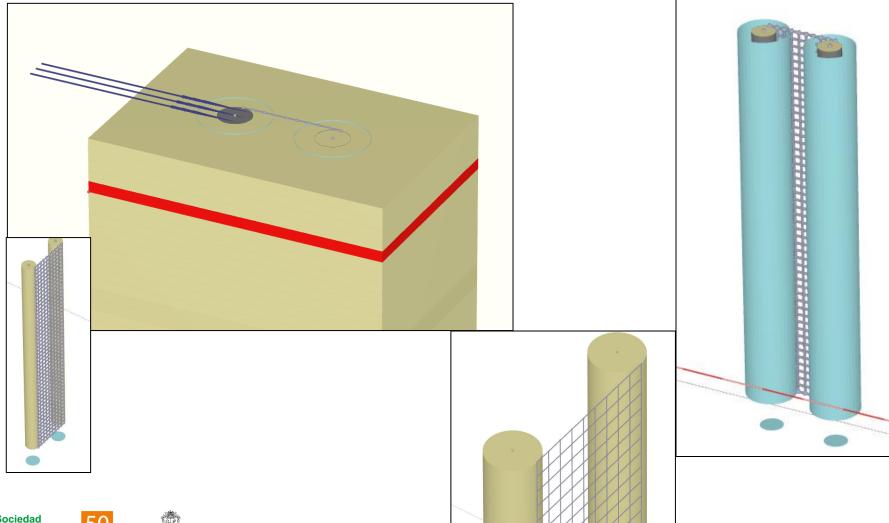






Malla de elementos finitos

Suelo discretizado en capas Se implementaron elementos geométricos para refinar la malla







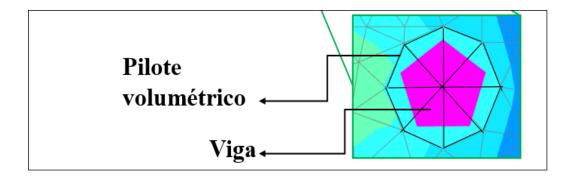






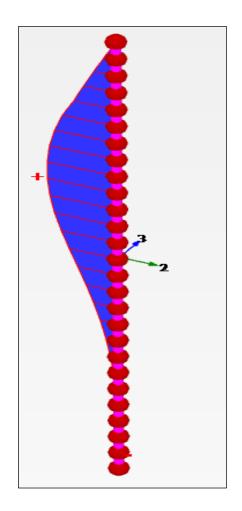
Malla de elementos finitos y Adaptaciones

Suelo discretizado en capas Se implementaron elementos geométricos para refinar la malla Interfaz Viga



Las propiedades elásticas de la viga son las mismas que las del pilote, excepto por el módulo elástico, el cual es 10^6 veces menor que el del pilote volumétrico.

Para obtener los resultados de cortante y momento flector en el pilote, los resultados deben multiplicarse entonces por el factor 10⁶.







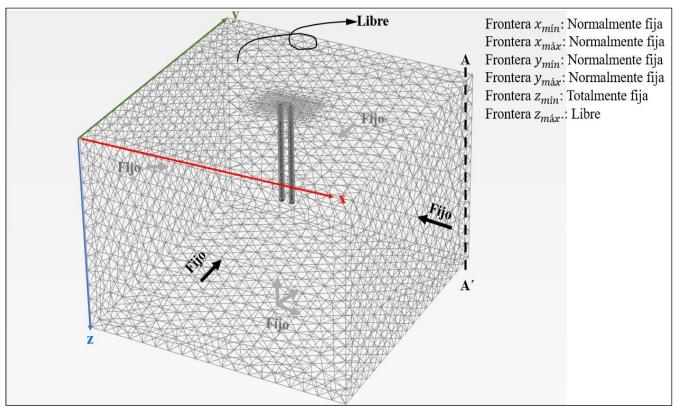






Condiciones de Frontera del modelo

Se establecieron condiciones en los planos que conforman las fronteras del volumen de suelo:



- Plano YZ $U_x = 0$
- Plano XZ $U_y = 0$
- Plano XY $U_x = U_y = 0$











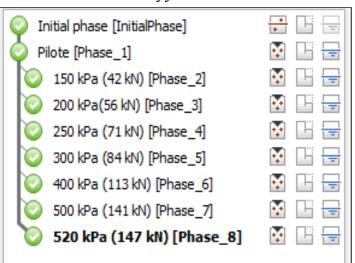
Condiciones iniciales y verificación del tamaño del modelo

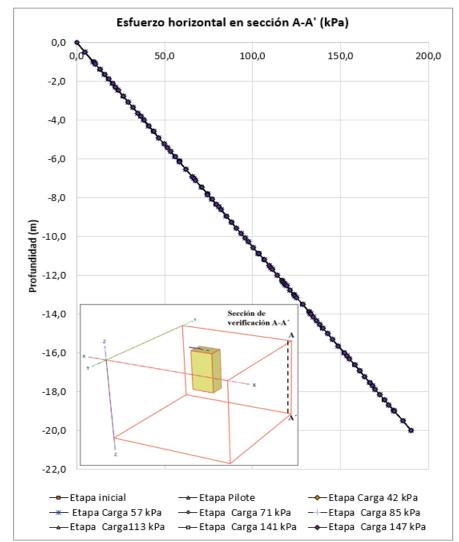
La condición inicial se calcula en una etapa denominada "Etapa inicial", en la cual se calculan los esfuerzos verticales a partir del peso específico de los materiales (γ) y la profundidad (z) y los esfuerzos horizontales se estiman a partir de la definición de K_0 .

$$\sigma_{zz} = \gamma z$$

$$\sigma'_{zz} = \gamma z - P_w$$

$$\sigma'_{xx} = \sigma'_{yy} = K_0 \sigma'_{zz}$$







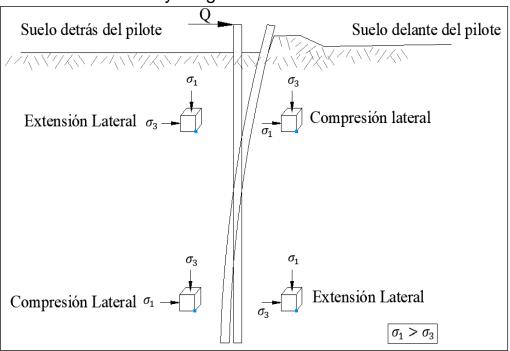


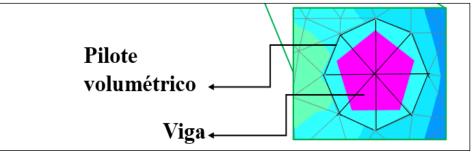


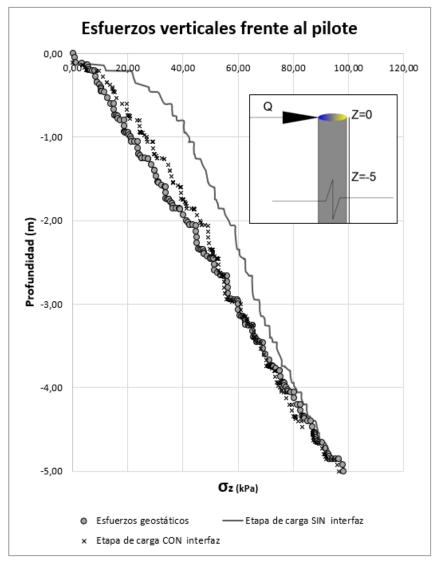


Adaptaciones a la malla de elementos finitos

Suelo discretizado en capas Elementos geométricos para refinar malla Interfaz y Viga







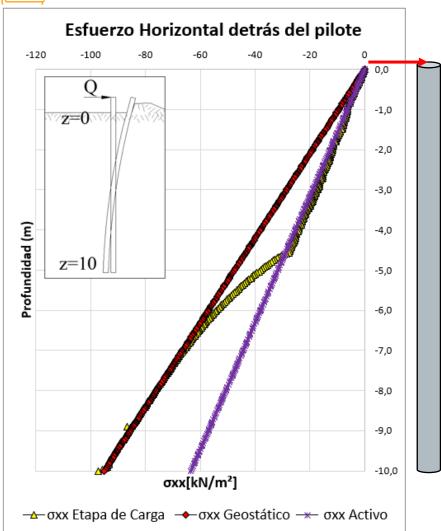


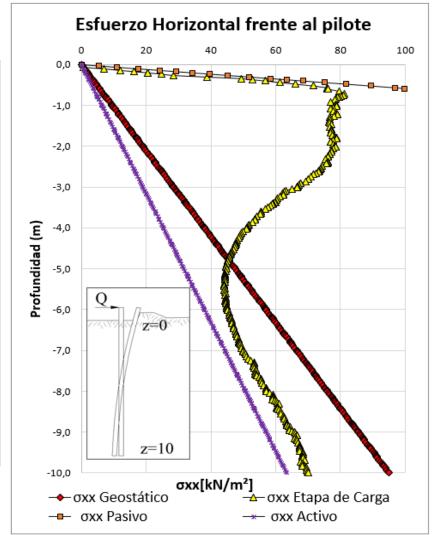






Adaptaciones a la malla de elementos finitos







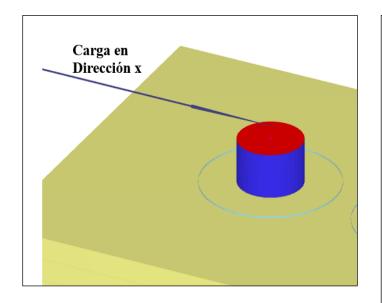


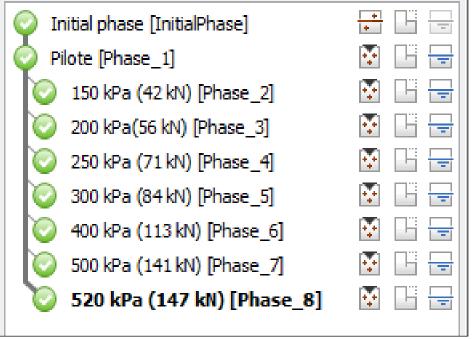




Etapas de Carga

Se aplicó la carga horizontal en la dirección *x* del sistema de referencia global del modelo Se crearon varias etapas en las cuales se incrementó la magnitud de la carga aplicada de forma sucesiva











Desplazamiento lateral v

Malla de elementos

finitos

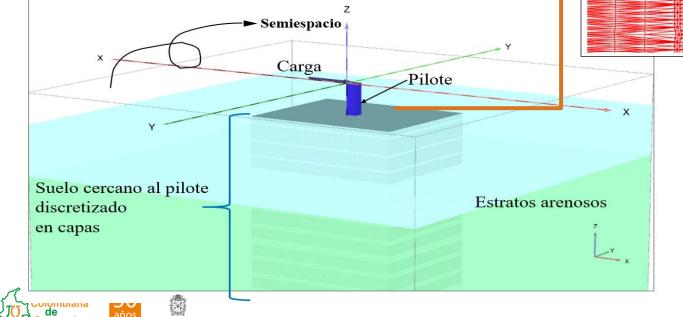
Carga

Interfaz suelo pilote

Pilote

Calibración

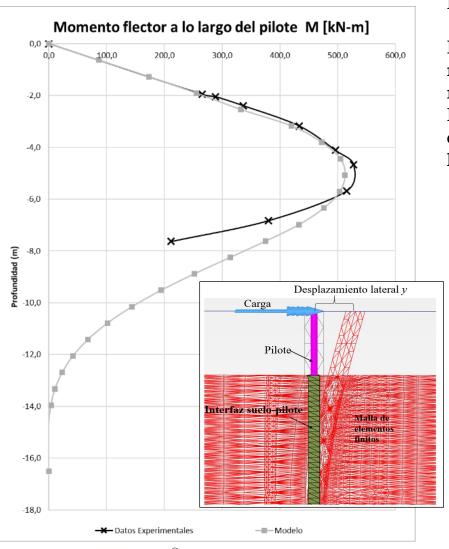
- Suelo de 2 capas de arena suelta y densa, con ángulos de resistencia de Ø =30-38° y 40-46°, respectivamente
- Se ensayó 1 pilote individual, un grupo de 4X4 de pilotes de reacción y un grupo de 4X4 pilotes de prueba
- Pilotes de concreto pretensado
- ➤ Pilotes D=0.76 metros y longitud 16.5 m
- Separación entre pilotes de 3D
- En el pilote individual se impusieron cargas de 45kN y la carga de falla fue de 320 kN



12



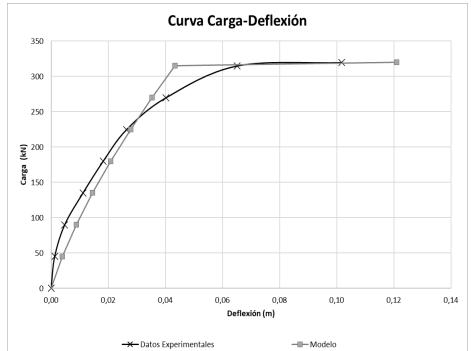
Calibración



Los datos graficados corresponden a una carga de 138 kN.

El valor del momento máximo obtenido con el modelo de elementos finitos difiere en un 3% respecto al valor del experimento.

En ambos casos, la profundidad a la cual ocurre el momento máximo es de 5 metros medidos desde la punta superior del pilote



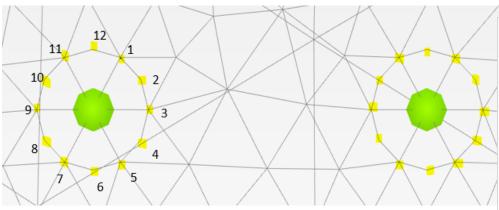


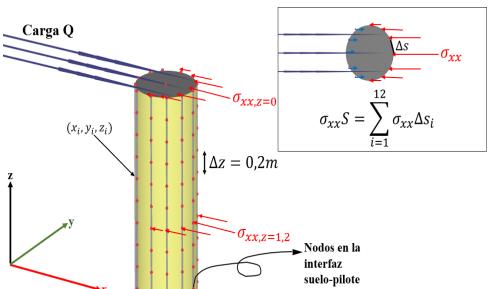


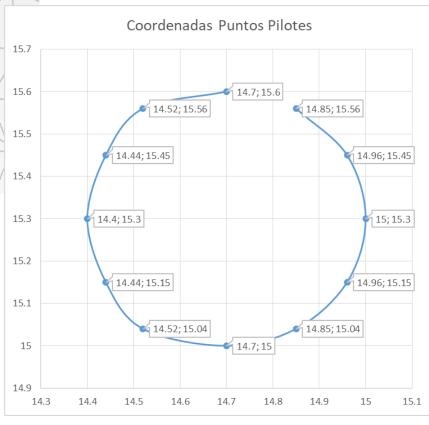




Estimación de la fuerza de reacción







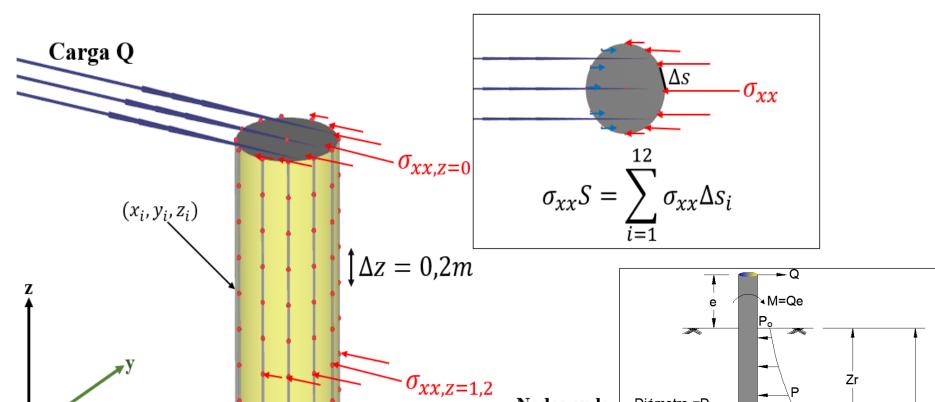








Estimación de la fuerza de reacción



Nodos en la

suelo-pilote

interfaz

Diámetro =D



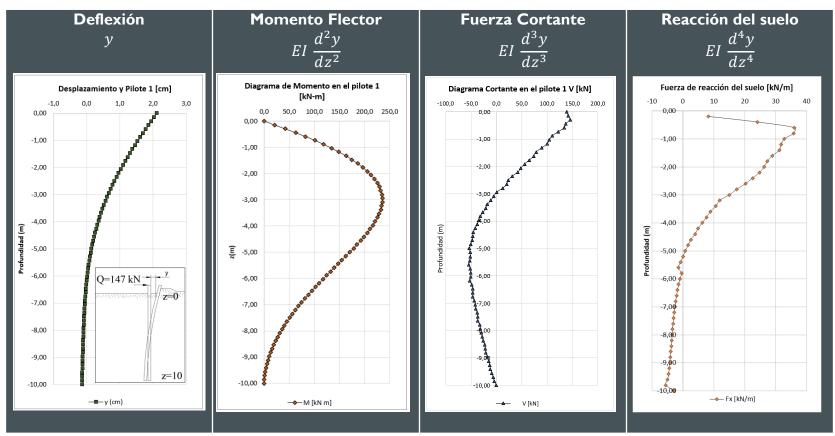




Se esbozan las reacciones del suelo







*Obtenida por integración

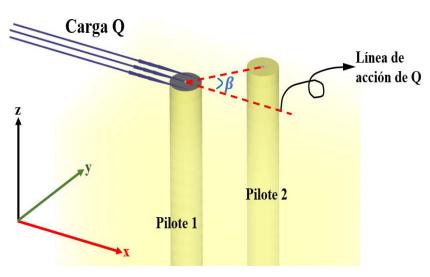


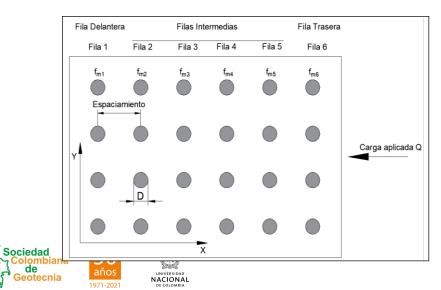


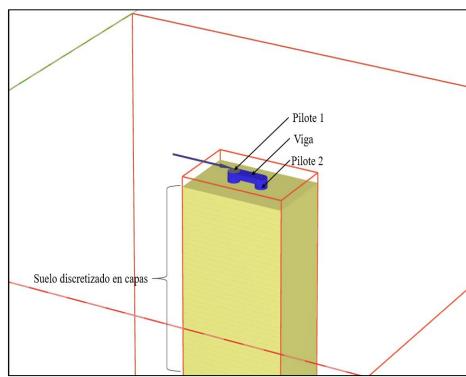




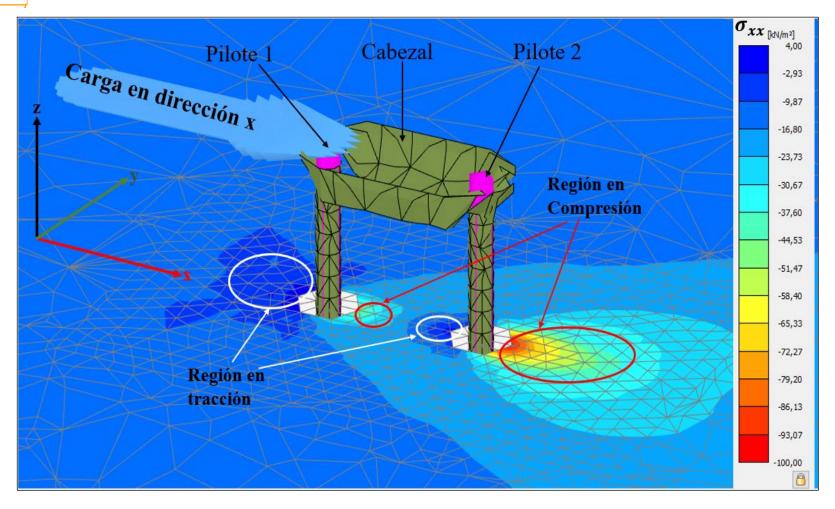
1971-2021









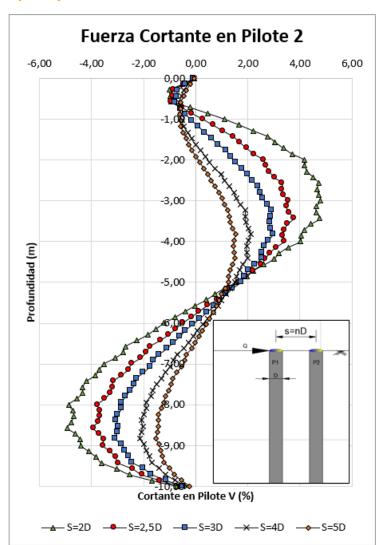


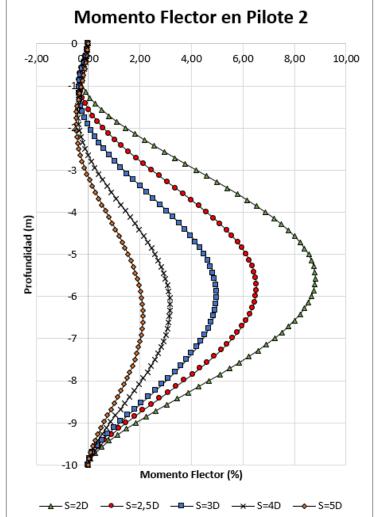


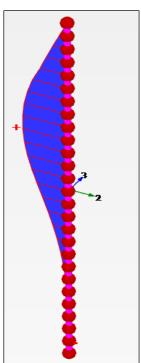










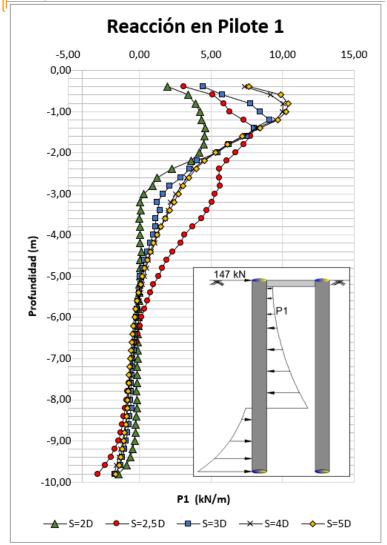


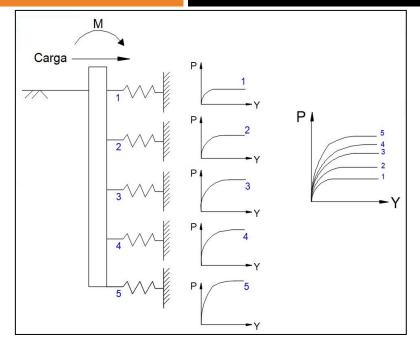


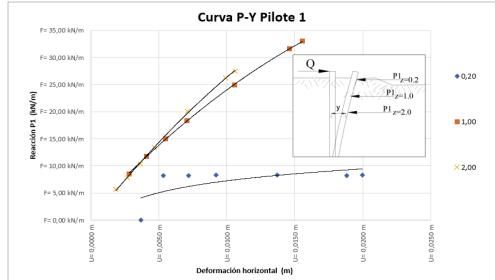










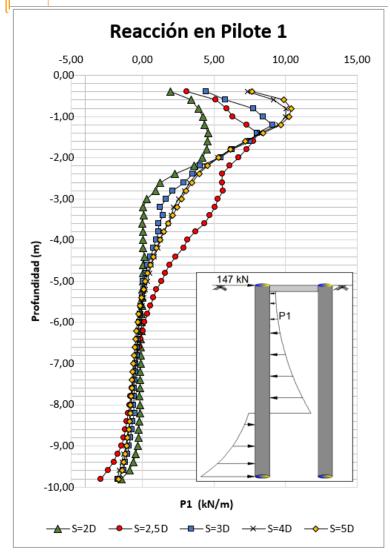


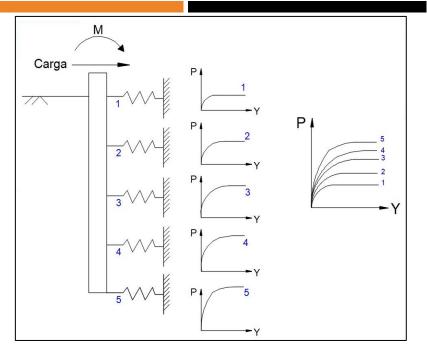


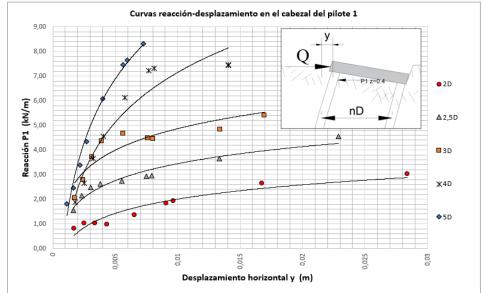










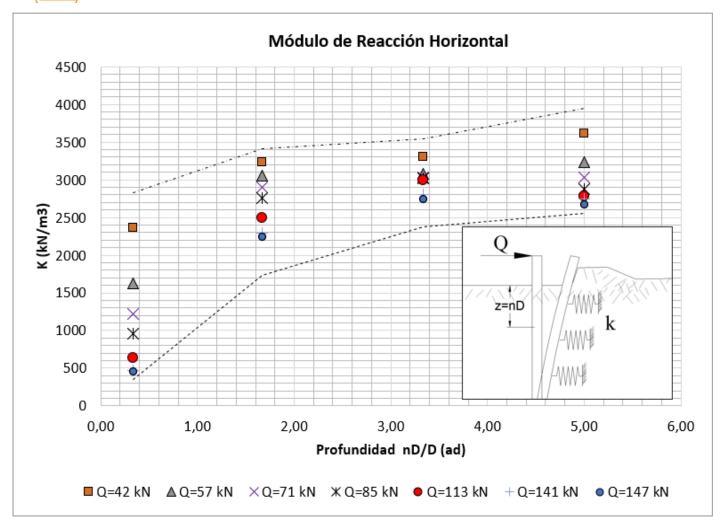












$$K \propto \sigma_{zis} \\ K \propto \frac{1}{\sigma_1 - \sigma_3}$$

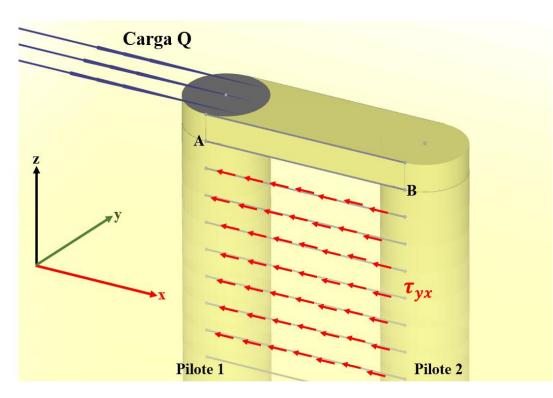




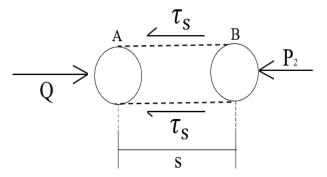




Limitaciones

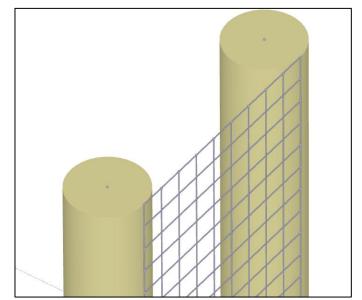


Se evidencia la dificultad asociada a la necesidad del cambio de tamaño de la malla de elementos finitos al pasar del pilote al suelo, esto imposibilitó analizar grupos de pilotes complejos.



$$\tau_{s} = K\sigma_{v} tan\varphi \qquad K_{0} < K < K_{p}$$

$$\tau_{s} = Cu$$













Las modificaciones realizadas al modelo presentado pueden implementarse en problemas de pilotes cargados lateralmente como es el caso de pilas de postes de catenarias, pilotes para estabilidad de taludes y pilotes de muelles entre otros casos donde la carga lateral es importante.

Así mismo, las adaptaciones realizadas al modelo permiten obtener los diagramas de cortante y momento en el pilote directamente y modelar el pilote de forma tridimensional y no como un elemento lineal.

La metodología propuesta permite obtener las gráficas de carga – deflexión en el cabezal exportando los datos directamente del programa.

Quien ensamble y analice el modelo debe buscar un grado de verosimilitud aceptable con lo que se espera de una situación real y para ello se implementan las adaptaciones a los modelos.













¡GRACIAS!

¿Preguntas? dpmurciad@unal.edu.co



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



APLICACIONES DE MONITOREO REMOTO PARA DESLIZAMIENTOS EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA EN COLOMBIA

PhD. MSc. HÉCTOR SALAZAR – CEO GRUPO GEOANDINA MBA. MIC. VÍCTOR HUGO RESTREPO – GERENTE TÉCNICO ING. JEAN CARLOS PIEDRAHITA – COORDINADOR TÉCNICO JR

GEOANDINA I SAS













CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

2. APLICACIONES DE MONITOREO REMOTO

- TECNOLOGÍA GB-InSAR
- TECNOLOGÍA LIDAR
- TECNOLOGÍA InSAR
- 3. CONCLUSIONES









1. INTRODUCCIÓN



El monitoreo geotécnico puede ser considerado en esta escala de soluciones, diseñada para cada propósito:

> GNSSY SENSORES CABLEADOS O INALÁMBRICOS PARA INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA Y/O ESTRUCTURAL



Bajo riesgo geotécnico. Bajo nivel de inversión.

Bajo nivel de detalle.

TInSAR







Alto riesgo geotécnico. Alto nivel de inversión. Alto nivel de detalle.





InSAR







2. APLICACIONES DE MONITOREO REMOTO GB-InSAR

2.1. Monitoreo automatizado Sector Mesa Grande K58 y Túnel 13 (Vía Bogotá – Villavicencio)













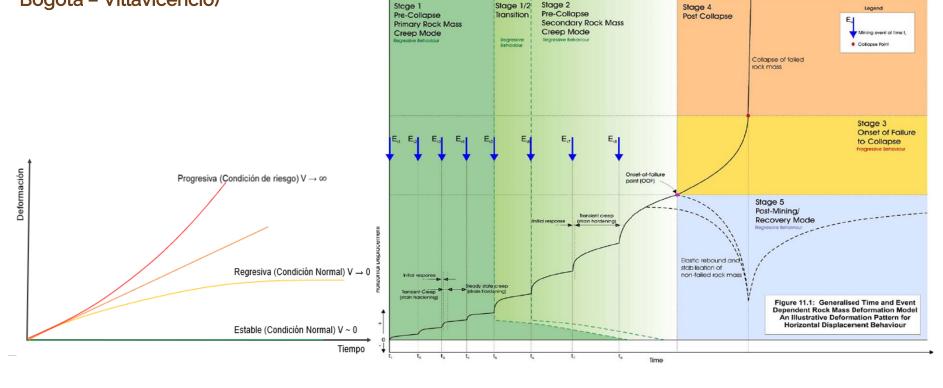






2. APLICACIONES DE MONITOREO REMOTO GB-InSAR

2.1. Monitoreo automatizado Sector Mesa Grande K58 y Túnel 13 (Vía Bogotá – Villavicencio)











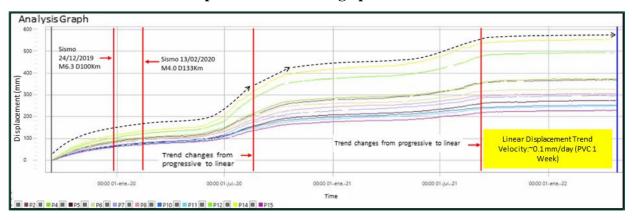


2. APLICACIONES DE MONITOREO REMOTO

GB-InSAR

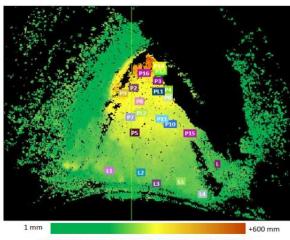
2.1. Monitoreo automatizado Sector Mesa Grande K58 y Túnel 13 (Vía Bogotá – Villavicencio)

Desplazamientos de largo plazo acumulados.



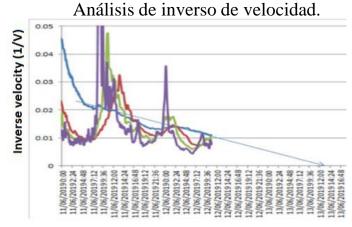
Desplazamientos acumulados entre Septiembre de 2019 a Octubre 2021

Figura 2. Imagen de deformación acumulada y puntos de control (vista en planta)



Deformación acumulada Septiembre 11, 2019 - Octubre 10, 2021















2. APLICACIONES DE MONITOREO REMOTO GB-InSAR









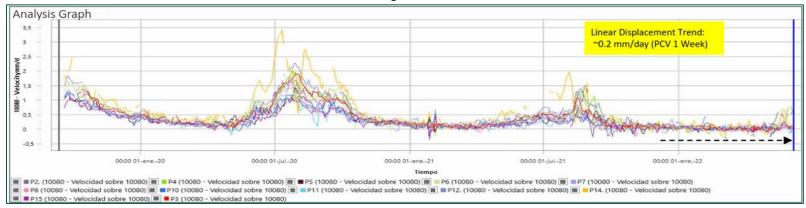




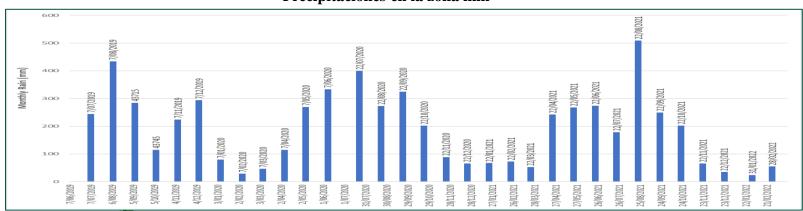
2. APLICACIONES DE MONITOREO REMOTO GB-InSAR

2.1. Monitoreo automatizado Sector Mesa Grande K58 y Túnel 13 (Vía Bogotá – Villavicencio)

Velocidad de desplazamientos mm/h



Precipitaciones en la zona mm













2. APLICACIONES DE MONITOREO REMOTO LIDAR

2.2 Instrumentación mediante monitoreo LIDAR punto a punto robotizado y automatizado 24/7.

Túnel Cristales (Cruce de la Cordillera Central La Línea)





















2. APLICACIONES DE MONITOREO REMOTO LIDAR

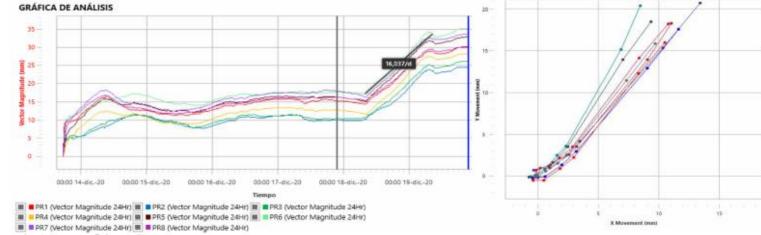
2.2 Instrumentación mediante monitoreo LIDAR punto a punto robotizado y automatizado 24/7.

Túnel Cristales (Cruce de la Cordillera Central La Línea)

Figura 2. Zona de escarpe y corona del deslizamiento principal



- En la zona de escarpe se instalaron 8 prismas reales a un rango de ~ 380 m (ver figuras PR1 a PR8).
- Durante el último día se registro un proceso de deformación de tendencia transicional de 16 mm/d probablemente relacionado con el episodio de lluvia.
- El proceso de deformación presenta la misma tendencia y dirección en todos los primas instalados en el área (PR1 a PR8).









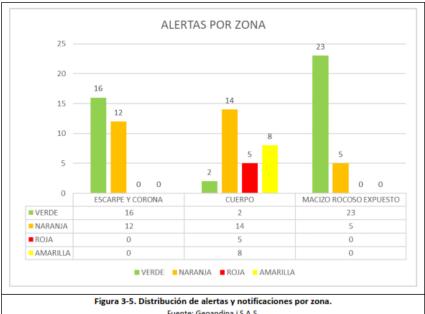


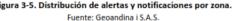


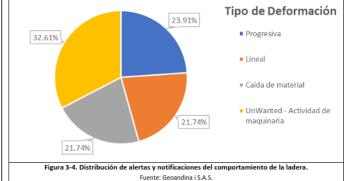
2. APLICACIONES DE MONITOREO REMOTO LIDAR

2.2 Instrumentación mediante monitoreo LIDAR punto a punto robotizado y automatizado 24/7.

Túnel Cristales (Cruce de la Cordillera Central La Línea)













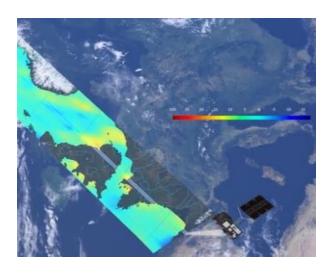


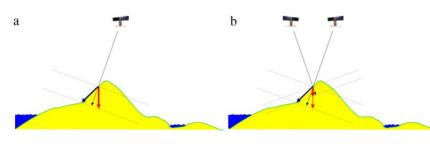


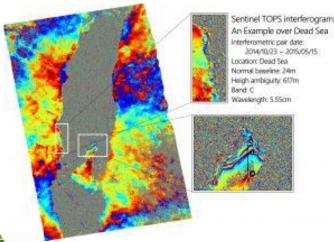
2. APLICACIONES DE MONITOREO REMOTO INSAR

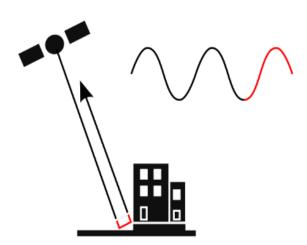
2.3 Monitoreo mediante imágenes de interferometría satelital de apertura sintética (InSAR)

Corredor de torres de energía













GEOANDINA

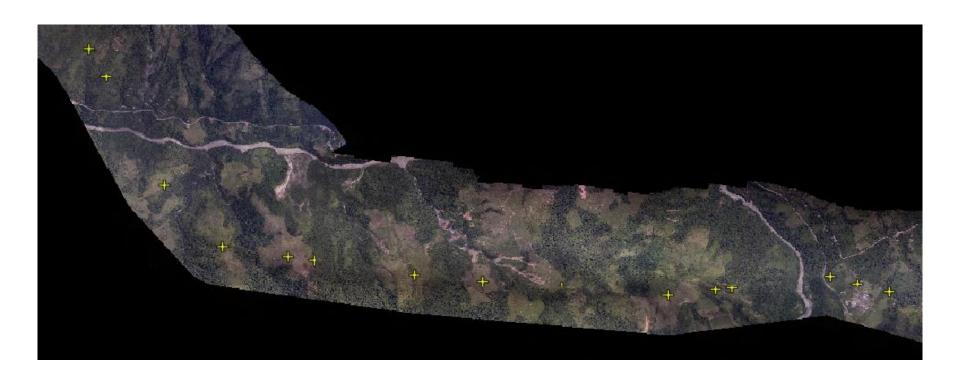






2. APLICACIONES DE MONITOREO REMOTO INSAR

TORRES DE ENERGÍA - TUNAL 1 Y 2 - LÍNEA DE TRANSMISIÓN LA REFORMA







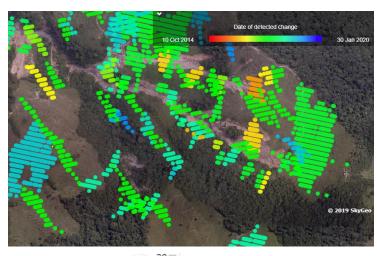






2. APLICACIONES DE MONITOREO REMOTO INSAR









 Point ID
 L00003896P00050714

 Linear deformation rate
 -20.6 mm/y

 Quality
 0.48

 Point height
 825.4 m

 DEM height
 847.3 m

 No. observations
 64









3. CONCLUSIONES



Tabla 1. Resumen de ventajas y limitaciones de los métodos InSAR, TinSAR y LiDAR.

MÉTODO DE MONITOREO REMOTO	DESEMPEÑO	VENTAJAS	LIMITACIONES
Radar de apertura sintética interferométrica satelital (InSAR)	Medio	Medición a escala regional (grandes áreas)	Baja frecuencia temporal
		Análisis histórico de deformaciones	Desplazamiento unidireccional de la deformación
		Alta densidad de información	Baja resolución espacial
Radar de apertura sintética interferométrica terrestre (TInSAR)	Muy Alto	Alta densidad de información	Procesamiento de información especializado
		Alta precisión y exactitud en la medición	Desplazamiento unidireccional de la deformación
		Efectivo en cualquier condición climática	Ambigüedad de fase
Láser Escáner terrestre o aéreo. (LiDAR)	Alto	Alta densidad de información	Administración de datos compleja
		Muy buena visualización de datos por sus modelos 3D	No efectivo con nubosidad o Iluvia
		Mediciones de larga distancias	Costoso para monitoreo periódico

Fuente: Adaptado de Federico (2015)















¡GRACIAS!

¿Preguntas?

<u>hsalazar@geoandina.net / vrestrepo@geoandina.net</u> <u>www.geoandina.net</u>