



*Caracterización geológica-geotécnica que condicionan los hundimientos en el sector que comprende: la comunidad indígena Gunudel - Gulagpamba ubicada en la zona este de la parroquia Saraguro, cantón Saraguro, provincia de Loja*

*Geological-geotechnical characterization that determines the subsidence in the sector that includes: the Gunudel - Gulagpamba indigenous community located in the eastern zone of the Saraguro parish, Saraguro canton, Loja province*

*Caracterização geológico-geotécnica que determina a subsidência no setor que inclui: a comunidade indígena Gunudel - Gulagpamba localizada na zona leste da freguesia de Saraguro, cantão de Saraguro, província de Loja*

Byron Alexander Rueda Zapata <sup>I</sup>  
[byronruedazapata@hotmail.com](mailto:byronruedazapata@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-1876-5672>

Fabian Ricardo Ojeda Pardo <sup>III</sup>  
[fabian.ojeda@esPOCH.edu.ec](mailto:fabian.ojeda@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-8964-8150>

Maritza Ximena Ochoa Tapia <sup>V</sup>  
[maritza.ochoa@unl.edu.ec](mailto:maritza.ochoa@unl.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-8759-4504>

Hernán Luis Castillo García <sup>II</sup>  
[hernan.castillogarcia@unl.edu.ec](mailto:hernan.castillogarcia@unl.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-5706-0130>

Oscar Adrián Estrella Lima <sup>IV</sup>  
[oaestrella@unl.edu.ec](mailto:oaestrella@unl.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-5956-0465>

Goering Octavio Zambrano Cárdenas <sup>VI</sup>  
[goering.zambrano@esPOCH.edu.ec](mailto:goering.zambrano@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0000-8284-6904>

Alex Danilo Merizalde Salas <sup>VII</sup>  
[a.merizalde19@gmail.com](mailto:a.merizalde19@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-0090-0864>

**Correspondencia:** [byronruedazapata@hotmail.com](mailto:byronruedazapata@hotmail.com)

Ciencias Técnica y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 23 de marzo de 2023 \* **Aceptado:** 12 de abril de 2023 \* **Publicado:** 17 de mayo de 2023

- I. Egresado de la Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- II. Ingeniero de minas, Docente de la carrera de Minas, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- III. Ingeniero en Minas, Máster en Metalurgia, Docente de la carrera de Minas, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- IV. Docente de la carrera de Minas, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- V. Docente de la carrera de Minas, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- VI. Ingeniero en Agroindustrias, Docente de las carreras: Ingeniería en Zootecnia y Ambiental, Escuela Politécnica Superior de Chimborazo, Ecuador.
- VII. Ingeniero Mecánico, Docente de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Industrial, "Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros", Ecuador.

## Resumen

El presente trabajo de investigación con el objetivo de determinar las características geológicas – geotécnicas, condicionantes del hundimiento en estudio y la delimitación de zonas mediante sus características geotécnicas del área sobre el cual está asentada la comunidad. Se inició con el levantamiento topográfico a detalle, el mismo que fue usado como base para la delimitación de la litología realizada por el método de mapeo por afloramientos el cual fue complementado mediante la elaboración de calicatas geológicas, determinando así tres unidades en el área de estudio, esto permitió también establecer puntos estratégicos para ubicar las calicatas geotécnicas para muestras inalteradas y los ensayos de penetración estándar, y realizar las respectivas pruebas de laboratorio de acuerdo a las normas ASTM D 1586 como son: contenido de humedad, límite de Atterberg, clasificación de suelos, granulometría y para el ensayo de corte directo la norma ASTM D 420, con los resultados obtenidos se determinó cuatro condicionantes del hundimiento: la topografía y pendientes, la geología, el uso de suelo y la presencia de agua o filtraciones de agua. Así mismo de acuerdo a las características geotécnicas se delimito las zonas geotécnicas, por su característica física que se la realizó por la clasificación de suelos por el método de SUCS y para la característica mecánica por la única propiedad mecánica que es la capacidad admisible del suelo que de igual forma se obtuvo cinco zonas.

**Palabras Clave:** geotécnica; clasificación S.U.C.S; capacidad admisible; zonificación geotécnica; hundimiento; condicionantes.

## Abstract

The present research work with the objective of determining the geological - geotechnical characteristics, conditions of the subsidence under study and the delimitation of zones through their geotechnical characteristics of the area on which the community is based. It began with the detailed topographic survey, which was used as a basis for the delimitation of the lithology carried out by the outcrop mapping method, which was complemented by the development of geological test pits, thus determining three units in the study area. This also made it possible to establish strategic points to locate the geotechnical test pits for undisturbed samples and the standard penetration tests, and to carry out the respective laboratory tests according to the ASTM D 1586 standards, such as: moisture content, Atterberg limit, classification of soils, granulometry and for the direct shear test the ASTM D 420 standard, with the results obtained four determinants of subsidence were

determined: topography and slopes, geology, land use and the presence of water or water seepage. Likewise, according to the geotechnical characteristics, the geotechnical zones were delimited, for their physical characteristic that was carried out by the classification of soils by the SUCS method and for the mechanical characteristic by the only mechanical property that is the admissible capacity of the soil that In the same way, five zones were obtained.

**Keywords:** geotechnical; S.U.C.S classification; allowable capacity; geotechnical zoning; sinking; conditions.

## Resumo

O presente trabalho de pesquisa tem como objetivo determinar as características geológico-geotécnicas, condições da subsidência em estudo e a delimitação de zonas através de suas características geotécnicas da área em que a comunidade está assentada. Iniciou-se com o levantamento topográfico detalhado, que serviu de base à delimitação da litologia efectuada pelo método de cartografia de afloramentos, que foi complementado com o desenvolvimento de sondagens geológicas, determinando assim três unidades na área de estudo. possibilitou estabelecer pontos estratégicos para localizar as cavas geotécnicas para amostras indeformadas e os testes de penetração padrão, e realizar os respectivos testes de laboratório de acordo com as normas ASTM D 1586, tais como: teor de umidade, limite de Atterberg, classificação de solos , granulometria e para o teste de cisalhamento direto a norma ASTM D 420, com os resultados obtidos foram determinados quatro determinantes de subsidência: topografia e declividades, geologia, uso do solo e presença de água ou infiltração de água. Da mesma forma, de acordo com as características geotécnicas, foram delimitadas as zonas geotécnicas, pela sua característica física que foi realizada pela classificação dos solos pelo método SUCS e pela característica mecânica pela única propriedade mecânica que é a capacidade admissível do solo que Da mesma forma, cinco zonas foram obtidas.

**Palavras-chave:** geotécnico; classificação S.U.C.S; capacidade permitida; zoneamento geotécnico; afundando; condições.

## Introducción

La mala planificación y el crecimiento rápido de la población ha generado un rápido desarrollo de la comunidad Gunudel-Gulagpamba causando el incremento de asentamientos sobre suelos incapaces de soportar infraestructuras, siendo estos propensos a impactos de eventos geológicos de origen natural o antrópico.

Según El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Intercultural Del Cantón Saraguro, desde el año 2000 al 2019, se ha registrado 240 ocurrencias de desastres, que afectaron a 6.641 personas y causaron una pérdida de 832 hectáreas de cultivos y vegetación nativa.

Así, surge la necesidad de elaborar el presente proyecto investigativo denominado “Caracterización Geológica-Geotécnica que condicionan los hundimientos en el sector que comprende: La Comunidad Indígena Gunudel – Gulagpamba ubicada en la zona Este de la parroquia Saraguro, cantón Saraguro, Provincia de Loja”, el cual está encaminado a brindar información de los problemas que se generaran en los territorios de la comunidad para futuras obras civiles o demás usos del suelo, la mismas que presentan condiciones geológicas-geotécnicas y topográficas muy específicas, que se pueden evidenciar a través de la infraestructura actual y puede representar un problema de inestabilidad a futuras obras civiles o proyectos, al igual que las vidas humanas. Los objetivos planteados para el desarrollo del presente proyecto de investigación son:

### ***Objetivo General***

Identificar las características geológicas-geotécnicas en el sector que comprende: La Comunidad Indígena Gunudel - Gulagpamba ubicada en la zona Este de la parroquia Saraguro, cantón Saraguro, Provincia de Loja.

### ***Objetivos Específicos***

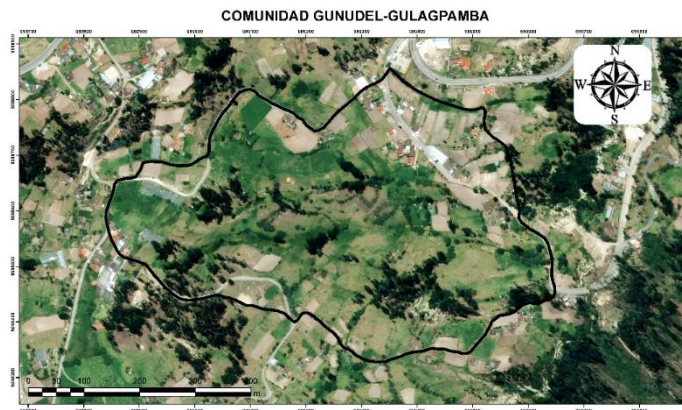
- Realizar el levantamiento topográfico y geológico del sector que comprende desde: La Comunidad Indígena Gunudel - Gulagpamba.
- Evaluar las propiedades físico-mecánicas de los suelos existentes en el sector mediante métodos directos de exploración.
- Elaborar el mapa de Microzonificación Geotécnica de la zona de estudio considerando las propiedades físico-mecánicas de los suelos para determinar los condicionantes del hundimiento

## **Materiales y metodología**

### **i. Área de Estudio**

La zona de estudio se encuentra al sur de la región interandina del Ecuador, al este de la Parroquia Saraguro, del Cantón Saraguro, Provincia de Loja, específicamente en la comunidad Gunudel-Gulagpamba. Limita geográficamente al norte con el Barrio Puente Chico, al este con la Comunidad Ñamarin, al oeste con la zona central de la parroquia Saraguro y al sur con la Comunidad Las Lagunas. El área de estudio comprende un total de 27 Ha.

**Figura 1:** Ubicación del área de estudio



## Materiales

**Tabla 1:** Materiales Empleados

<b>Materiales de Campo</b>	<b>Análisis Geotécnico</b>	<b>Gabinete</b>
<b>Levantamiento Geológico</b>	<b>Ensayos de Penetración Estándar (S.P.T.)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software ArcGIS 10.5</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>GPS</b></li> <li>• <b>Brújula Brunton</b></li> <li>• <b>Martillo geológico</b></li> <li>• <b>Cinta métrica (50m)</b></li> <li>• <b>Libreta de campo, colores y esferos</b></li> <li>• <b>Fundas plásticas ziploc y etiquetas</b></li> <li>• <b>Ácido clorhídrico al 10%</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Barras, polea, brazos de perforación y pesa de 63.5 Kg</li> <li>• Motor (equipo de perforación a percusión)</li> <li>• Trípode de carga</li> <li>• Llaves inglesas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software Civil 3D 2022</li> <li>• Software ForeSight</li> <li>• Computadora portátil</li> <li>• Programas Office</li> </ul>
	<b>Ensayo de corte directo</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparato de corte</li> </ul>	

- 
- **Carta geológica de a escala 1:50000**
  - **Información topográfica del cantón Saraguro escala 1:50000**
  - **Cámara fotográfica**
  - **Calicatas (Pala cavadora y barreta Fundas herméticas)**
  - Caja de corte
  - Aditamentos de carga
  - Tazón para la caja de corte
  - Indicador de desplazamiento horizontal
  - Equipo para compactación de especímenes

#### **Levantamiento Topográfico**

- **Estación Total Trimble S3**
- **Trípode**
- **Prismas**
- **Flexómetro**
- **Estacas**
- **Machete y Combo**
- Anillo
- Capsulas
- Balanza analítica

---

#### **Metodología**

##### **a) Pre-Campo**

En esta etapa se recopiló y analizó toda la información necesaria sobre el área de estudio, con el objetivo de tener una idea general de cómo se encuentra en la realidad, para su posterior comprobación en campo. Se realizó la recopilación del material bibliográfico y la revisión de las normas geotécnicas.

##### **b) Metodología para el cumplimiento del Primer Objetivo**

- **Levantamiento Topográfico:** Se inició con un trabajo de campo para delimitar el área con mayor afectación de manera directa por el hundimiento, para lo cual se realizó el levantamiento topográfico del área ubicada en el sector este de la parroquia Saraguro mediante el uso de la Estación Total Trimble S3, misma que recolecta puntos tomados de coordenadas UTM, según el sistema geodésico mundial 1984 (WGS84) en la zona 17 Sur,

cubriendo así la totalidad del terreno dándonos un área total levantada de 27 Ha. Acabado el trabajo de campo, se generó un archivo de datos en formato texto (txt), y en oficina se procesó la información obtenida en 3 dimensiones (X, Y, Z) por medio del programa Excel, posterior a esto se procesaron mediante el programa ForeSight para generar las curvas de nivel a cada metro, finalmente exportando estas curvas al programa ArcGIS 10.5, donde se procedió a editar y dibujar todas las referencias necesarias que contengan la información del levantamiento topográfico a escala 1:5.000.

- **Levantamiento Geológico – Estructural:** Se realizó mediante trabajo de campo, sobre la base de topografía realizada a escala 1:5000 y el mapa geológico regional, para lo cual se siguió el método de Mapeo por Afloramientos que consiste en realizar un mapa geológico mediante el levantamiento de afloramientos y la correlación de estos con las curvas de nivel (Eduardo Llambias y Horacio Echeveste, 2017, p. 172). Se elaboró el inventario de afloramientos “in situ” a través de una observación directa, tanto en afloramientos de origen natural como antrópicos, así como las estructuras para finalmente elaborar el mapa geológico. Cabe debe destacar que el polígono de interés al no poseer un gran número de afloramientos, se optó por la construcción de 1 calicata por cada zona carente de información, cada una con dimensiones de 1 x 1 x 1.5m. Culminando la etapa de campo se inició el trabajo de oficina, que mediante el uso del Software ArcGIS 10.5 se digitalizó la geología en formato vectorial generando los respectivos shapefiles, lo que incluye los trabajos de dibujo, los puntos de afloramientos que ayudaran a definir contactos litológicos y también la ubicación de datos estructurales tomados “in situ” los que sirvieron para la obtención del mapa geológico local a escala 1:5000.
- **Mapa de Pendientes:** Para elaborar el mapa de Pendientes de la zona de estudio a escala 1:5000 se utilizó el software ArcGIS, haciendo uso de las curvas de nivel ya obtenidas, para lo cual primero se procedió a la creación de un Modelo TIN (Red de Triangulación Regular), seguidamente se obtuvo un modelo raster o un MDT (Modelo Digital del Terreno) el mismo que tuvo un número de pixeles de 250, luego con la herramienta de análisis espacial se procedió a crear el modelo de pendientes (Slope). Finalmente se obtuvo una clasificación de las pendientes basada en la metodología propuesta por Demek. (1972).

- **Mapa Geomorfológico:** Para la elaboración del mapa geomorfológico a escala 1:5000 del área de estudio se consideró la topografía, geología, e interpretación en campo y pendientes existentes en el área. Para la clasificación de geformas y el tramado de las mismas se consideró la clasificación propuesta por el Ministerio del Ambiente (2013), de la publicación “Modelo de unidades geomorfológicas para la representación cartográfica de ecosistemas del Ecuador continental”. Teniendo en cuenta el área de estudio, se tomó en consideración la clasificación del Mesorelieve.

**c) Metodología para el cumplimiento del Segundo Objetivo**

- **Ensayo de Penetración Estándar:** La elaboración de los ensayos inició con un trabajo de campo. En base a la descripción previa y la geología del terreno se realizó 5 Ensayos de Penetración Estándar (S.P.T), los mismos que fueron realizados uno por cada unidad lito-estructural existente en la zona de estudio. Cada uno de los SPT's se los realizó con una profundidad de 6 m., con su respectiva recuperación de muestras por cada 1 m. explorado, las mismas que se obtuvieron mediante la herramienta secas muestras partido según la Norma - ASTM D 1586, mismos que serán necesarios para determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo. Una vez obtenidas las muestras de los ensayos SPT's y mediante las normas estandarizadas se realizó los ensayos de laboratorio: contenido de humedad ASTM D 2216, límite de Atterberg ASTM D 4318, clasificación de suelos ASTM D 2487 y Granulometría ASTM D 422.
- **Ensayo de Corte Directo:** Para la obtención de la muestra inalterada se lo hizo mediante trabajo de campo, para lo cual se realizaron 2 calicatas, la primera ubicada en una zona afectada de manera crítica por el hundimiento y la segunda en una zona inalterada por el mismo, aplicando la metodología propuesta por la Norma - ASTM D 420, la misma que nos indica los procedimientos y especificaciones al momento de la toma de muestra de suelo en superficie. Para obtener la muestra inalterada en bloque, se realizó una calicata de 1.5 x 1.5 m. con el fin de tener el espacio suficiente para tallar el bloque de suelo y poder extraer la muestra de 30 x 30 cm. a una profundidad de 1.5 m. para que esté completamente fresca y no haya pérdida de humedad, ni las propiedades que tiene el suelo al momento de extraer la muestra, esto hasta realizar los ensayos en laboratorio mediante la norma ASTM D 3080.

**d) Metodología para el cumplimiento del Tercer Objetivo**



- **Caracterización del tipo de Hundimiento:** La determinación del tipo de hundimiento y sus características se lo realizó haciendo uso de los resultados obtenidos en la exploración geotécnica, de igual manera analizando las propiedades del suelo, la geología del sector conjuntamente con reconocimiento de características en campo para su posterior registro de datos en el formato modificado para inventario de movimientos de masa del proyecto multinacional andino.
- **Mapa de microzonificación Geotécnica:** La caracterización geológico-geotécnico implica la descripción geotécnica del terreno integrado con la interpretación de ensayos de mecánica de Suelos “in situ” como Ensayos de Penetración Estándar (SPT); así mismo la interpretación de ensayos de laboratorio como Corte Directo. Para ello es necesario previamente la investigación y análisis de información obtenida y que fue considera para el mapa de zonificación geotécnica como:

**Tabla 2:** Información utilizada para la zonificación geotécnica

<b>Investigación</b>	<b>Alcance</b>
	Topografía
<b>Revisión de Información o</b>	Hidrología Mapas geológica
<b>Topografía</b>	Levantamiento topográfico
	Litología
<b>Reconocimientos geológicos</b>	Fallas y estructuras geológicas Geomorfología. Pendientes

Para la zonificación geotécnica se usó la metodología propuesta por Córdova Y. y Montalvan C. (2017) y se desarrolló de la siguiente manera. El mapa se lo diseño mediante el uso del software ArcGIS, elaborando una zonificación por cada una de estas características antes mencionadas. La elaboración de la zonificación por características Físicas se la hizo mediante una de las más representativas que es el tipo de suelo, para lo cual se usó la clasificación de suelos por el método de SUCS, siendo este el más adecuado para el uso de suelo que requiere la comunidad. De igual

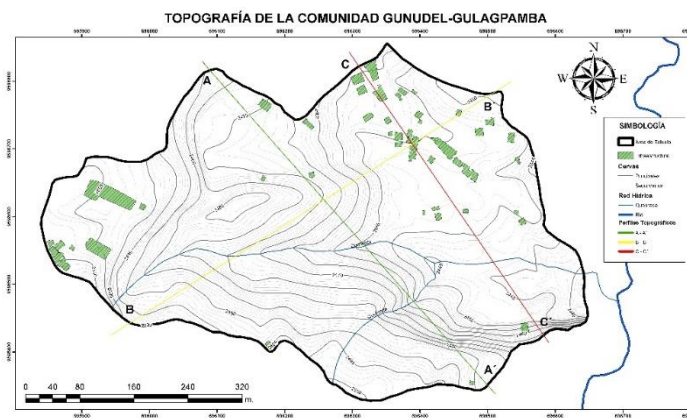
manera la zonificación por características Mecánicas se la elaboró tomando en consideración la única propiedad mecánica que es la capacidad admisible del suelo.

## Resultados

### i. Topografía

La información topográfica se obtuvo en base al levantamiento mediante el uso de la estación Trimble S3 a escala 1:5000, la misma que comprende alturas que oscilan desde 2435 m.s.n.m. siendo esta la cota mínima a 2514 m.s.n.m. como cota máxima, la zona de estudio presenta una disposición de terreno tipo valle, con una topografía poco irregular. Se obtuvieron las curvas de nivel principales cada 5 m. y las secundarias cada 1 m. En el mapa topográfico se incorporó las infraestructuras presentes. Con toda esta información levantada se elaboró el mapa topográfico a escala 1:5000 con sus respectivos perfiles, y está georreferenciado con un sistema de coordenadas UTM WGS 84, Zona 17 Sur.

**Figura 3: Topografía del área de estudio**

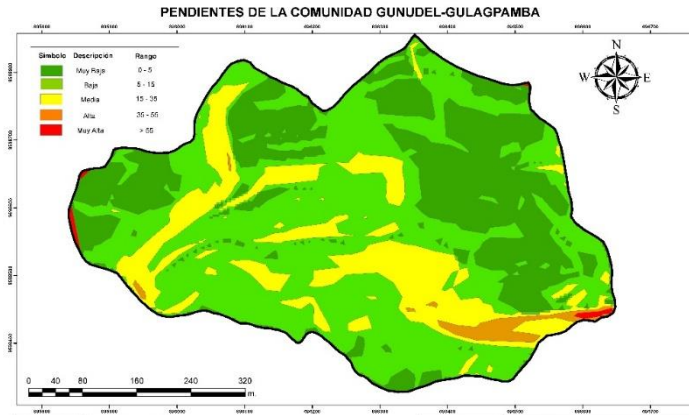


### ii. Pendientes

En el mapa de pendientes se han determinado cinco rangos de pendientes. En el área de estudio predomina la clase de Pendiente Baja ubicada mayormente en toda la zona norte, central y sur con un área de 13,31 Ha, con un porcentaje de 49,90 %, el 30,02 % corresponde a Pendiente Muy Baja con 8,01 Ha, ubicándose en la parte norte del área, luego con el 18,15 % que corresponde a Pendiente Media con un área de 4,84 Ha, ubicándose en la parte Este-Centro del área, luego Pendiente Alta con un 1,76 % que corresponde a 0,47 Ha, que se ubica al Sur, Este y Oeste,

finalmente tenemos Pendiente Muy Alta que abarca 0,04 Ha con un 0,16 %. Se analizó 27 Ha de terreno correspondiendo al 100% de tramo de estudio.

**Figura 4:** Pendientes del área de estudio

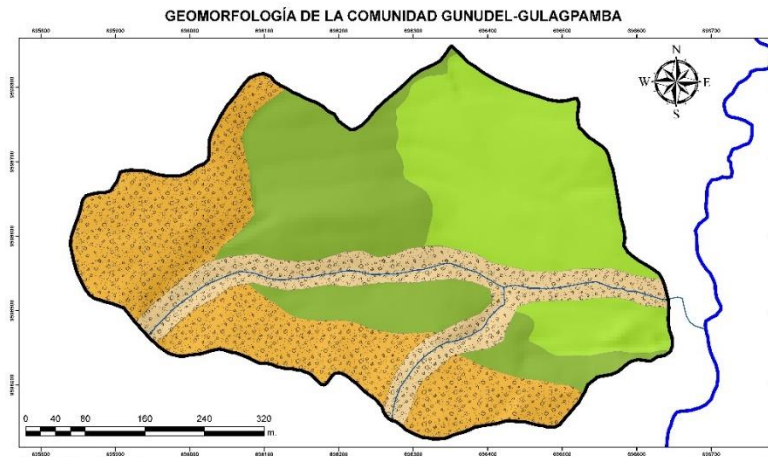


### iii. Geomorfología

**Tabla 3:** Geomorfología del área de estudio

Símbolo	Génesis	Unidad Morfológica	Pendiente (%)	Área (Ha)	Porcentaje (%)
	Denudativo	Coluvio-aluvial reciente	2 - 5	3,90	15
	Denudativo	Coluvión antiguo	24 - 40	8,03	30
	Deposiciona 1	Superficie disectada	12 - 25	7,14	27
	Deposiciona 1	Superficie poco disectada	2 - 5	7,68	29

**Figura 5:** Geomorfología del área de estudio



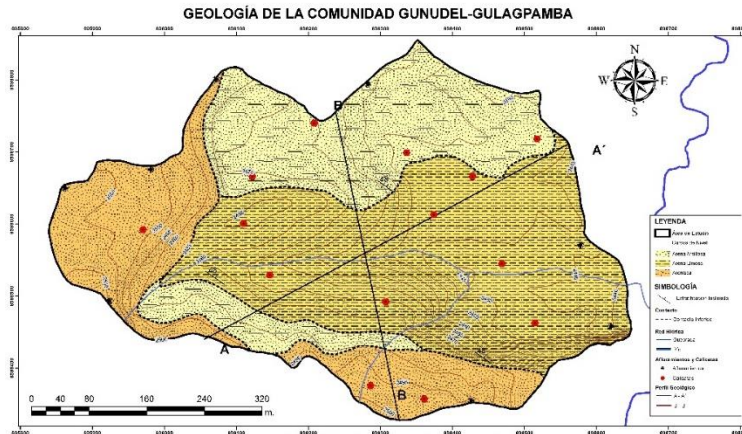
#### **iv. Geología Local**

Para la geología local se describió un total de 8 afloramientos encontrados, los mismos que son de origen antrópico. Así mismo, se realizó un total de 13 calicatas de 1x1x1.5 m. de dimensión, de forma manual y con maquinaria según el acceso y las condiciones del material. Se recolectaron una muestra de mano de roca por cada afloramiento y calicata para su posterior observación y descripción de la geología presente en el área de estudio.

- Depósito de Areniscas: formados por material sedimentario, areniscas muy consolidadas, ubicados al oeste del área de estudio margen izquierdo, se caracterizan por su forma angular, con coloración amarilla grisácea con un índice de humedad bastante bajo, con tamaños variables de cm. a m., manteniéndose el mismo tipo de material hasta el sur y sureste del área de estudio.
- Depósitos de Arenas Arcillosas: formados por material fino y clastos angulares rocosos con dimensiones que varían entre mm. a cm., ubicados en una parte del suroeste del área de estudio. Se observó la presencia de material sedimentario arcillo arenoso con una compactación de media a baja, coloración amarilla grisácea y de igual manera con coloración café oscuro, de tamaños variables, medianamente meteorizado, con índice de humedad de medio a bajo y manteniéndose el mismo tipo de material en la zona norte del área.
- Depósitos de Arenas Limosas: mediante la elaboración de calicatas se encontró depósitos formados por material fino como limos y arenas, ubicados al este, y en la mayor parte de la

zona central del área de estudio. Se observó la presencia de material sedimentario limo arenoso, con coloración grisácea, con tamaños en mm. y la presencia de agua.

**Figura 6:** Geología del área de estudio



### Exploración Geotécnica

#### a) Ensayo de Penetración Estándar (S.P.T)

El ensayo de penetración estándar fue desarrollado bajo la normativa ASTM D-1586 según la metodología mencionada anteriormente, se tomó en cuenta la geología local levantada y se realizó un total de 5 ensayos SPT

#### SPT #1

**Tabla 4:** Resultados SPT #1

Pro f.	Descripción del suelo [m]	Clasificación S.U.C.S								
		Límites de Atterberg			Granulometría			SUC	W(%)	
		L.L.	L.P.	I.P.	G.	A.	F.			
0.00										
1.00	Arena arcillosa de color café oscuro	41.35	20.23	21.12	2%	23	75	CL	30	
		%	%	%	%	%	%			
2.00	Arcilla de media plasticidad arenosa de color café claro	45.14	20.16	24.98	7%	32	61	CL	41	
		%	%	%	%	%	%			

3.00	Arena arcillosa con grava de color café claro	47.8%	18.42	29.38	17%	39	44	SC	40
			%	%		%	%		
4.00	Arena arcillosa con grava de color café claro	47.57	19.61	27.96	15%	41	44	SC	48
		%	%	%		%	%		
5.00	Arena limosa con grava de color café claro	43.32	28.63	14.69	41%	47	39	SM	42
		%	%	%		%	%		
6.00	Arena arcillosa de color café claro	49.2%	22.33	26.87	44%	43	39	SC	43
			%	%		%	%		

**Nota:** tomado de Dicons geotécnico Cia. Ltda., (2022) Modificado: El Autor, (2023)

**SPT #2**

**Tabla 5:** Resultados SPT #2

Prof [m]	Descripción del suelo	Clasificación S.U.C.S							
		Límites de Atterberg			Granulometría			SUCS	W(%)
		L.L.	L.P.	I.P.	G.	A.	F.		
0.00									
1.00	Arena limosa con grava de color café claro	45.5	28.11	17.45%	39%	40%	21%	SM	26
		6%	%						
2.00	Arena limosa con grava de color café claro	45.0	29.61	15.47%	24%	51%	25%	SM	24
		8%	%						
3.00	Grava arcillosa de color café claro	41.5	25.7%	15.87%	52%	34%	14%	GC	21
		7%							
4.00	Grava limosa de color café claro	0%	0%	0%	48%	37%	15%	GM	28
5.00	Grava bien graduada con limo de color café claro	0%	0%	0%	55%	39%	6%	GM GW	30
6.00	Arena bien graduada de color café claro	0%	0%	0%	43%	57%	0%	SW	25

**Nota:** tomado de Dicons geotécnico Cia. Ltda., (2022) Modificado: El Autor, (2023)

### SPT #3

**Tabla 6:** Resultados SPT #3

Prof. [m]	Descripción del suelo	Clasificación S.U.C.S							
		Límites de Atterberg			Granulometría			SUCS	W (%)
		L.L.	L.P.	I.P.	G.	A.	F.		
0.00									
1.00	Grava mal graduada con arcilla de color café claro	48.51%	25.51%	23%	65%	24%	11%	GP GC	24
2.00	Grava arcillosa de color café claro	45.65%	26.62%	19.03%	52%	33%	15%	GC	24
3.00	Grava arcillosa de color café claro	44.02%	24.86%	19.16%	40%	38%	22%	GC	24
4.00	Arcilla media plasticidad de color café claro	43.45%	24.27%	19.18%	4%	25%	71%	CL	24

**Nota:** tomado de Dicons geotécnico Cia. Ltda., (2022) Modificado: El Autor, (2023)

### SPT #4

**Tabla 7:** Resultados SPT #4

Prof. [m]	Descripción del suelo	Clasificación S.U.C.S							
		Límites de Atterberg			Granulometría			SUCS	W (%)
		L.L.	L.P.	I.P.	G.	A.	F.		
0.00									
1.00	Arcilla alta plasticidad con grava	62.76%	25.14%	37.62%	0%	19%	81%	CH	35
2.00	Grava limosa de color gris	0%	0%	0%	37%	23%	40%	GM	22

**Nota:** tomado de Dicons geotécnico Cia. Ltda., (2022) Modificado: El Autor, (2023)

## SPT #5

**Tabla 8:** Resultados SPT #5

Prof [m]	Descripción del suelo	Clasificación S.U.C.S							
		Límites de Atterberg			Granulometría			SUC	W(
		L.L.	L.P.	I.P.	G.	A.	F.	S	%)
0.00									
1.00	Arena limosa con grava de color café oscuro	43.42 %	28.56 %	14.86%	15%	58 %	27%	SM	24
2.00	Arena limosa con grava de color café claro	50.7%	33.09 %	17.91%	31%	40 %	29%	SM	30
3.00	Arena limosa con grava de color café claro	49.89 %	31.3%	18.59%	25%	54 %	21%	SM	30
4.00	Grava mal graduada de color negro	0%	0%	0%	54%	43 %	3%	GP	28
5.00	Arena limosa de color negro	0%	0%	0%	3%	48 %	49%	SM	24
6.00	Arena limosa de color negro	0%	0%	0%	2%	55 %	43%	SM	33

**Nota:** tomado de Dicons geotécnico Cia. Ltda., (2022) Modificado: El Autor, (2023)

### Ensayo de Corte Directo

De igual manera para realizar los ensayos de corte directo se procedió a la realizar dos calicatas. Aplicando la metodología (ASTM D-2487, 2011) el material presente en los puntos donde se ejecutaron las calicatas fue, en la primera calicata un suelo tipo Arena Arcillosa con grava SC, con 34% de Grava (G), 41% Arena (A) y 26 % de Finos (F) con LL de 48.11 %, LP de 22.46 % y un IP de 25.65 %.

En el caso de calicata 2 el tipo de material que se encontró fue con 7% (G), 41%(A) y 52%(F) con LL de 47.61 %, LP de 25.15 % y un IP de 22.46 %, se obtuvo un suelo tipo Arcilla media plasticidad



arenosa, CL, además de la clasificación del suelo se realizaron ensayos de corte directo a partir de la recuperación de muestras inalteradas.

**Tabla 9:** Resultados del ensayo de Corte Directo

Descripción.	Símbolo	Calicata 1	Calicata 2	Unidad
Peso específico	$\gamma$	19.26	18.18	kN/m <sup>3</sup>
Ángulo de fricción de pico	$\Phi_{pico}$	16.09	19.00	°
Ángulo de fricción final	$\Phi_{final}$	17.15	19.00	°
Cohesión	$c$	18.73	0.00	kPa

**Nota:** tomado de Dicons geotécnico Cia. Ltda., (2022) Modificado: El Autor, (2023)

### Caracterización del tipo de hundimiento

Los suelos arcillas, especialmente los de alta plasticidad, se deforman en forma continua cuando están expuestas a cargas, en este caso la infraestructura. Considerando que en el área de estudio las principales litologías encontradas son: arenas limosas y arcillosas las mismas que muestran las características de un suelo altamente meteorizado, definidos en la sección de geología local, y un tipo de suelo poco cohesivo y no cohesivo con capacidades admisible de 0.78 kg/cm<sup>2</sup> a 0.98 kg/cm<sup>2</sup> para arenas limosas y 1.07 kg/cm<sup>2</sup> a 0.66 kg/cm<sup>2</sup> para arenas arcillosas. Siendo estas un material fino y con capacidad de retención de agua, las convierte en un elemento favorecedor de inestabilidad. En cuanto a la litología de la zona sur del área de estudio está compuesta de arenisca; en ésta, el suelo muestra meteorización muy baja, observándose que la roca presenta una fuerte compactación, con una capacidad admisible de 4.36 kg/cm<sup>2</sup>.

Por lo general los procesos de hundimiento se clasifican como parte de los movimientos en masa o deslizamientos, estos pueden ser de gran magnitud o relativamente pequeños. Así, finalmente, se asume que el movimiento es un hundimiento por cambio de presión de poros el cual se da porque las partículas de suelo se acomodan debido al aumento de presión de poros o la disminución de tensiones negativas (diferencia de presión de agua y aire en los poros). El área más afectada por los hundimientos es el noreste, este y oeste del área de estudio.

#### a) Factores condicionantes

El área de estudio según la carta geológica de Saraguro escala 1:50.000 (Tatiana Pillajo, 2017) se encuentra ubicada sobre un depósito coluvial, también, es considerada zona de derrumbe, en la información obtenida de la carta geológica de Saraguro escala 1:100.000.

Los Factores condicionantes considerados y que afectan directamente a la zona de estudio influyendo en los hundimientos son:

- Topografía
  - Pendientes
  - Geomorfológica
  - Geología
  - Uso de suelo
  - Presencia y filtraciones de agua
- De acuerdo a la topografía y pendientes realizadas y que presenta el área se determinó donde la zona céntrica y sureste presenta un desnivel de entre 20 y 30 m en este caso al aumentar la pendiente, generalmente se aumentan las fuerzas que tratan de desestabilizar los taludes. De igual manera los taludes de alta pendiente son muy susceptibles a la ocurrencia de estos fenómenos, ya que dicha inclinación favorece la dirección del desplazamiento y hundimiento de ciertas zonas del área, considerando estos aspectos se puede decir que estos suelos son más propensos a desplazarse.
  - Las condiciones geomorfológicas presentes son esenciales en el análisis de la ocurrencia de deslizamientos y hundimientos, debido a que la geomorfología refleja los procesos que están actuando sobre un área en específico, así como su relación con la litología. En este caso, zonas afectadas por procesos denudativos que tienen una morfología con escarpes poco empinados y también afectada por procesos deposicionales con una morfología suave u ondulada.
  - La geología de acuerdo al levantamiento realizado en el área de estudio es uno de los factores condicionantes más importantes a considerar ya que en su mayoría al ser suelos sedimentarios compuestos por arenas, limos y arcillas poco compactadas y con un contenido de humedad de medio a alto es mucho más propenso su desplazamiento o hundimiento, teniendo en cuenta que los suelos que contienen arcillas y limos, especialmente aquellas de alta plasticidad, se deforman o pueden fallar eventualmente en forma continua cuando están sujetas a un carga.

- En cuanto al uso de suelo, ya que las actividades humanas tienen una gran influencia sobre el comportamiento y especialmente, sobre la activación de los deslizamientos y hundimientos, las prácticas de agricultura y ganadería, la construcción de carreteras e infraestructuras, son factores determinantes en la ocurrencia de estos fenómenos, entonces considerando el mapa de uso de suelo realizado en el presente proyecto de titulación, en el área de estudio al ser destinado en su mayoría a pastizales-ganadería y agricultura el suelo es constantemente expuesto a cambios, sistemas de riego y sobrecarga constantes, que afectan directamente considerando la litología del área, por otro lado, los asentamientos de infraestructura ubicadas principalmente en la zona noreste y pocos asentamientos al oeste, sin ninguna planificación o estudios previos provocan una sobrecarga al terreno que de cierta manera no es apto para soportar cargas estructurales.
- Y finalmente el factor de mayor importancia a considerar es el agua que juega un papel muy importante, ya que en la mayoría de los procesos reducen la resistencia del suelo, y puede actuar como un elemento condicionante debido al aumento de peso. Los sedimentos tienen porosidades altas y cuando los vacíos se llenan de agua provocan que las rocas recepten agua en su estructura causando que el peso aumente considerablemente, de igual manera el agua al fluir a través de los poros, disminuyendo la resistencia y haciendo más fácil el colapso. Además, existe gran cantidad de agua que drena desde las partes altas de la comunidad provocando hundimientos y deslizamientos misma que recorre por la quebrada que atraviesa la comunidad, información evidenciada en campo y obtenida como resultado en el SPT1 y SPT2 donde se encontró el nivel freático a una profundidad de 0.50 m.

### **Mapa de zonificación geotécnica**

#### **a) Microzonificación por características físicas de los suelos.**

Tomando esto en consideración, el área de estudio se han determinado cinco zonas distribuidas de la siguiente manera:

- Zona SM GC la misma que representa un material tipo arena limosa con grava de color café claro y grava arcillosa de color café claro, siendo la zona más extensa del área de estudio.

- Zona CL SC ésta representa un material tipo arena arcillosa de color café oscuro y arena arcillosa con grava de color café.
- Zona CH GM con un material de tipo arcilla alta plasticidad con grava y grava limosa de color gris.
- Zona GP - GC de material tipo grava mal graduada con arcilla de color café claro.
- Zona SC con un material de arena arcillosa con grava.

**b) Microzonificación por características mecánicas de los suelos.**

Finalmente, de acuerdo a la correlación de la geología local y ensayos de campo y laboratorio, se logró la delimitación de cinco zonas, para lo cual se consideró los valores estándares de presiones admisibles recomendadas en arenas, rocas y arcillas determinados en la tabla 10, 11 y 12 para la microzonificación de suelos en base a su capacidad portante del terreno.

**Tabla 10:** Capacidades de carga admisibles recomendables en arcillas

Descripción de la arcilla	N	Qadm (kg/cm <sup>2</sup> )
Muy Blanda	Menos de 2	Menos de 0,30
Blanda	2 a 4	0,30 a 0,60
Mediana	4 a 8	0,60 a 1,20
Compacta	8 a 15	1,20 a 2,40
Muy Compacta	15 a 30	2,40 a 4,80
Dura	Más de 30	Más de 4,80

Nota: Tomado de Crespo Villalaz, (2004)

**Tabla 11:** Capacidad de carga admisible en suelo granulares

Capacidad de carga admisible de suelos granulares	
Suelos Granulares	Qadm (kg/cm <sup>2</sup> )
Grava o grava y arena compactadas	Más de 0,40
Grava o grava y arena de densidad media	0,30
Grava o grava y arena suelta	0,20
Arena densa	0,20 a 0,30

Arena media	0,15 a 0,30
Arena suelta	0,7 a 0,15

Nota: Tomado de Crespo Villalaz, (2004)

**Tabla 12:** Capacidades de carga admisible en las rocas

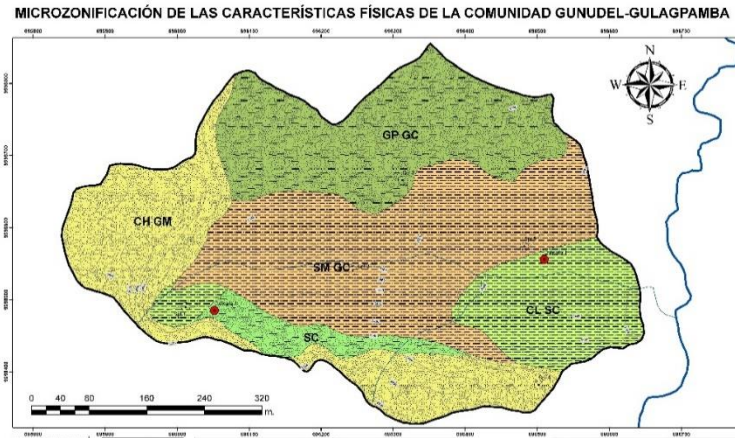
<b>Capacidad de carga admisible de las rocas</b>	
	<b>Qadm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Roca suave	8
Roca medianamente dura	40
Roca dura y sana	60
<b>Roca Sedimentaria</b>	<b>Qadm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Lutita y pizarra	8 a 10
Caliza	10 a 20

Nota: Tomado de Crespo Villalaz, (2004)

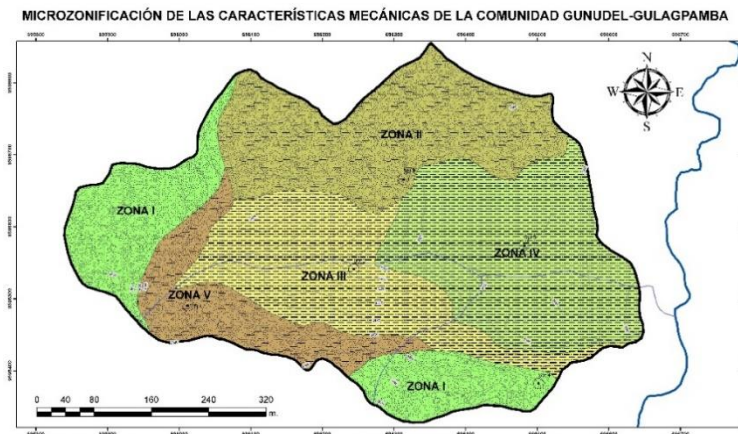
La microzonificación por características mecánicas se realizó considerando la división de zona por su capacidad admisible, delimitadas y distribuidas de la siguiente manera:

- Zona I (qadm de 427.39 KPa o 4.36 kg/cm<sup>2</sup>).
- Zona II (qadm de 104.85 KPa o 1.07 kg/cm<sup>2</sup>).
- Zona III (qadm de 95.96 KPa o 0.98 kg/cm<sup>2</sup>).
- Zona IV (qadm de 76.14 KPa o 0.78 kg/cm<sup>2</sup>).
- Zona V (qadm de 64.25 KPa o 0.66 kg/cm<sup>2</sup>)

**Figura 7:** Microzonificación de las características físicas del área de estudio



**Figura 8:** Microzonificación de las características mecánicas del área de estudio



## Discusión

Según El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Intercultural Del Cantón Saraguro, desde el año 2000 al 2019, registró 240 ocurrencias de desastres, que afectaron a 6.641 personas y causaron una pérdida de 832 hectáreas de cultivos y vegetación nativa, dicha información sirve como punto de partida y de referencia sobre la afectación que generan estos fenómenos a la comunidad. Para ello se realizó el presente trabajo de investigación con el fin de conocer los principales condicionantes de los hundimientos mediante la evaluación de las propiedades físico – mecánicas de los suelos en las comunidades Gunudel - Gulagpamba de la Parroquia Saraguro, Cantón Saraguro y Provincia de Loja, para identificar el estado actual del suelo, y así plantear

mapas de microzonificación geotécnica en base a las propiedades físico – mecánicas del suelo para establecer zonas de riesgo y evitar una mala planificación de los asentamientos de la población.

Como un punto inicial en el desarrollo de la presente investigación fue el levantamiento topográfico, que fue realizado a una escala más detallada, para un mejor enfoque de estudio en el área en específico, determinando la infraestructura y red hídrica que presenta la comunidad actualmente. En cuanto a las pendientes en la zona de estudio obtenidas mediante la metodología planteada por Demek (1972) obteniendo una clasificación en el área que posee coherencia al referenciar con las pendientes planteadas en el PDOT del cantón Saraguro.

Según el PDOT la geomorfología del cantón Saraguro que abarca la comunidad Gunudel-Gulagpamba está determinada como vertientes irregulares y como colinas medianas ambas con una pendiente que va de 4 a 15 %, y correlacionando con la geomorfología levantada a detalle, el área de estudio presenta similitud en cuanto a pendiente de unidades morfológicas, la clasificación usada varía debido a la metodología aplicada que en este caso para mayor detalle se usó la planteada por Clirsen (2012). De igual manera el uso de suelo fue realizado mediante fotointerpretación y corroboración en campo, empleando el método planteado por el MAE-MAGAP (2015), con la cual se distribuye en tres clases de acuerdo a la clasificación de nivel 1: tierra agropecuaria, vegetación arbustiva y herbácea y zonas antrópicas y la clasificación de nivel 2 para el área de estudio se distribuye 4 clases: cultivos anuales, vegetación arbustiva-herbácea, zonas para pastizal-agropecuaria y finalmente la infraestructura-área poblada.

La geología a detalle levantada en la comunidad Gunudel-Gulagpamba constituye a depósitos coluviales conformados por areniscas, arenas arcillosas y limosas, generando que el terreno sea más inestable, produciendo deslizamientos y hundimientos, lo cual produce daños tanto en infraestructura como en cultivos, generando pérdidas económicas a los habitantes, lo cual contrasta con la información obtenida de la carta geológico regional de Saraguro a escala 1:50000 pero misma información que no posee el PDOT del cantón y solo determina que el cantón Saraguro en cuanto a geología regional se encuentra sobre volcánicos saraguro y que el grupo Saraguro descansa disconformemente sobre o fallado contra los basaltos oceánicos deformados de la Unidad Pallatanga.

Según Jorge Sarango (2016) en su estudio realizado en la misma comunidad, el cual abarca un área mayor y se enfoca en los deslizamientos de mayor escala, existe cierta similitud en cuanto a las zonas de susceptibilidad, sin embargo, el año de realización de dicho estudio presenta variación,

ya que años posterior (2018-2019) a este estudio se produjeron procesos de hundimiento en las áreas estudiadas actualmente en este trabajo de investigación, mismo que se ha trabajado a detalle en estas zonas en específico. Siendo así, para identificar los condicionantes que producen hundimientos en la zona de interés se han considerado necesario los aspectos topográficos ya que, al aumentar la pendiente, generalmente se aumentan las fuerzas que tratan de desestabilizar el talud, hidrológicos debido a la presencia o ausencia de agua y temperatura, definen las condiciones para los procesos de meteorización física y química, geológicos ya que cada litología o formación geológica posee un determinado patrón de comportamiento, y geotécnicos que nos da una caracterización del estado actual del suelo en cuanto a sus características físicas y mecánicas según Jaime Suarez(2009). Es importante mencionar que la zona de estudio está expuesta a hundimientos, una de las razones principales es la presencia de rocas de baja cohesión afectadas por la acción antrópica principalmente por la sobrecarga del terreno, erosión, infiltración y escorrentía, y de igual manera en muchos sitios no se realizan valoraciones de calidad y resistencia de los materiales sobre los que se ubican asentamientos y estructuras, de la misma manera se sigue realizando actividades agrícolas y ganaderas, alterando la topografía del terreno lo cual aporta a la inestabilidad del terreno, al ser una zona constantemente intervenida por el hombre aporta al aumento de la velocidad en que se dan estos fenómenos, es importante recalcar que en las comunidades Gunudel – Gulagpamba se realizan actividades sin una adecuada planificación, lo cual vuelve vulnerable al terreno.

Finalmente, mediante los resultados obtenidos se realizó un análisis de acuerdo a la litología existente en el sector y de acuerdo a la exploración geotécnica (SPT, y corte directo), con lo cual se determinó que el área de estudio actualmente no es apta para colocar cargas estructurales tomando como referencia los valores estándares de capacidad admisible para arenas y arcillas establecidos por Crespo Villalaz (2004) en el libro de Mecánica de Suelos y Cimentaciones, que de igual manera correlacionando mediante la norma NEC-SE-GC del Ecuador de Geotécnica y cimentaciones, la misma que establece que se deberá verificar la capacidad portante última calculada de cimentaciones profundas por medio de pruebas de carga debidamente ejecutadas de acuerdo con ASTM D 1143, donde establece una capacidad admisible mínima de  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$ .

## Conclusiones



- La topografía del área de estudio comprende altitudes que van desde los 2435 m.s.n.m a 2514 m.s.n.m., abarca una superficie de 27 ha. Las pendientes predominantes pertenecen a la clase de Pendiente Baja 49.90% % ubicándose en la mayor parte de la zona central, y la clase con menor proporción es finalmente tenemos Pendiente Muy Alta que abarca 0,04 Ha con un 0,16 %. Asi mismo complementando con la geomorfología, se determinó que la unidad geomorfológica predominante Coluvión antiguo, con 8.03 ha presenta pendientes de 24 a 40 % de inclinacion y la de menor inclinacion que poseen una pendiente de 2 a 5% son las superficies poco disectada con 7,14 ha del área total de estudio.
- Regionalmente el área se encuentra ubicado sobre un Depósito Coluvial compuesta por bloques angulosos a subredondeados, gravas, arenas y limos, sin estructuras geológicas dentro de la zona de estudio. Localmente la geología corresponde a areniscas, y en su mayoría se han depositado materiales tipo coluvio-aluviales producto de la meteorización, erosión y transporte de materiales originando depósitos de suelos areno-limosos y areno-arcillosos con presencia de fragmentos de roca tipo areniscas.
- Se realizaron cinco ensayos de penetración estándar (SPT) con recuperación de muestras que permitieron clasificar y determinar el tipo de suelo mediante la clasificación SUCS, lo cual determino que los suelos están caracterizados principalmente por arenas limosas de baja plasticidad, arenas arcillosas con alta plasticidad y areniscas, mismos que de acuerdo a la capacidad portante por cada SPT realizado en cada unidad litoestratigráfica y correlacionando a los valores estándares establecidos donde menciona un mínimo de 1.5 Kg/cm<sup>2</sup> de capacidad admisible apta para cimentaciones, el área del proyecto "Caracterización Geológica-Geotécnica que condicionan los hundimientos en el sector que comprende: La Comunidad Indígena Gunudel - Gulagpamba" en la actualidad no es apta para colocar cargas estructurales.
- En el ensayo de corte directo, se analizó 2 muestras las cuales fueron tomadas considerando el nivel de afectación, con las muestras obtenidos se determinó ángulo de fricción y cohesión obteniendo los siguientes datos: en la primera muestra, tienen un ángulo de fricción de 16.09° y una cohesión de 0.191 Kg/cm<sup>2</sup>, la segunda muestra tiene un ángulo de fricción de 19° y la cohesión de 0 Kg/cm<sup>2</sup>, por ende, la cohesión en las dos muestras es

cercano a cero considerando que los suelos son arenas-limosas y arenas-arcillosas, de tipo arenosos o arenas poco consolidadas.

- El tipo de hundimientos caracterizado es de cambio de presión de poros mismo que se produce cuando las partículas de suelo se acomodan debido al aumento de presión de poros, siendo típico de suelos arcillosos-limosos o con presencia de estos. Igualmente, los factores condicionantes considerados son: la topografía, pendientes, geomorfología, geología, uso de suelo y la presencia y filtraciones de agua.
- Con los datos y la evaluación de los mismos se ha permitido definir para las características físicas cinco zonas geotecnicas distribuidas de la siguiente manera:

Zona SM GC constituida por un material tipo arena limosa con grava y grava arcillosa.

Zona CL SC representa un material tipo arena arcillosa y arena arcillosa con grava.

Zona CH GM con un material de tipo arcilla alta plasticidad con grava y grava limosa.

Zona GP - GC posee un material tipo grava mal graduada con arcilla.

Zona SC con un material de arena arcillosa con grava.

- Se define cinco zonas para las características mecánicas de la siguiente manera:

Zona I con una capacidad admisible de 4.36 kg/cm<sup>2</sup>. La más alta

Zona II con una capacidad admisible de 1.07 kg/cm<sup>2</sup>.

Zona III con una capacidad admisible de 0.98 kg/cm<sup>2</sup>, con presencias de infraestructura

Zona IV con una capacidad admisible de 0.78 kg/cm<sup>2</sup>, con presencias de infraestructura.

Zona V con una capacidad admisible de 0.66 kg/cm<sup>2</sup> la más baja

## Referencias

1. Córdova, Y. y Montalvan, C. (2017). Zonificación geotécnica del barrio centro del distrito de picota, provincia picota - región san Martín [Tesis para el título profesional de ingeniero civil, universidad nacional de san martín-tarapoto]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2724>
2. Crespo C. V. (2004). "Mecánica de Suelos y Cimentaciones". México. Limusa.
3. Das, B. (1985). Fundamentos de ingeniería geotécnica. In Brooks/Cole Publishing (Cole Publi).
4. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

5. Demek, J. (1972). Manual of detailed geomorphological mapping. Praga: Academia, Publishing House of the Czechoslovak Academy of Science
6. Echeveste, H. (2018). Manual de levantamiento geológico. Una introducción a la geología de campo (1.a ed.). Editorial de la Universidad de La Plata
7. GADMIS. (2016). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Saraguro. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Del Cantón Saraguro.
8. Kennerley J. B. (1974). Geología de la Provincia de Loja en la República Del Ecuador. Quito: D.G.G.M
9. MAE-MAGAP. (2015). Protocolo Metodológico para la Elaboración del Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental 2013-2014, escala 1:100.000. Obtenido de [https://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/Portal%20SNI%202014/USO%20DE%20LA%20TIERRA/01-METODOLOGIA\\_MAPA\\_COBERTURA\\_USO.pdf](https://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/Portal%20SNI%202014/USO%20DE%20LA%20TIERRA/01-METODOLOGIA_MAPA_COBERTURA_USO.pdf)
10. Ministerio del Ambiente. (2013). Modelo de Unidades Geomorfológicas para la representación cartográfica de ecosistemas del Ecuador continental. Quito: MAE. Obtenido de <http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PDOT/NIVEL%20NACIONAL/MAE/ECOSISTEMAS/DOCUMENTOS/Geoformas.pdf>
11. Saraguro. (2014-2019). Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Saraguro. Loja

© 2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).