



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

“FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA
GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

TUTOR:

ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PhD

La Libertad - Ecuador

2023



UPSE

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

“FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA

GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

TUTOR:

ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PhD

La Libertad - Ecuador

2023

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 
Ing. Jonny Villao Borbor MSc.
DIRECTOR DE CARRERA

f. 
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar PhD.
DOCENTE TUTOR

f. 
Ing. Gastón Proaño Cadena MSc.
DOCENTE ESPECIALISTA

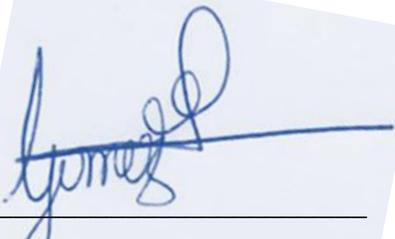
f. 
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar PhD.
DOCENTE UIC

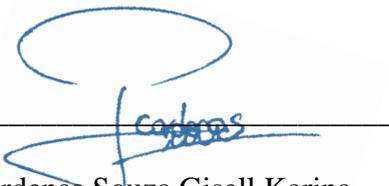
DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotras, **KARLA ESTEFANÍA GÓMEZ SUÁREZ** y **GISELL KARINA CÁRDENAS SOUZA** declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado **“FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR”**, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**, Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de nuestra autoría.

Por medio de la presente declaración cedemos los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,

f. 
Gómez Suárez Karla Estefanía
C.I. 240034333-7
AUTOR DE TESIS

f. 
Cárdenas Souza Gisell Karina
C.I. 050292923-5
AUTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Lucrecia Moreno Alcívar PhD.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo **“FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR”**, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, elaborado por el Srta. **KARLA ESTEFANÍA GÓMEZ SUÁREZ** y **GISELL KARINA CÁRDENAS SOUZA**, egresados de la carrera de Ingeniería Civil, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR

f.  _____
Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar PhD

C.I. 0911164127

DOCENTE TUTOR

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Certificación de Gramatólogo

Lic. ALEXI JAVIER HERRERA REYES

Magíster En Diseño Y Evaluación

De Modelos Educativos

La Libertad, julio 12 del 2023.

Certifica:

Que después de revisar el contenido del trabajo de integración curricular en opción al título de INGENIERO/A CIVIL de: CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA & GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA, cuyo tema es: “FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR”, me permito declarar que el trabajo investigativo se encuentra idóneo y puede ser expuesto ante el jurado respectivo para la defensa del tema en mención.

Es todo cuanto puedo manifestar en honor a la verdad.



Lic. Alexi Herrera R, MSc.
Docente de Español A: Literatura
Cel: 0962989420
e-mail: alexiherrerareyes@hotmail.com

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **“FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR”** elaborado por las estudiantes **GOMEZ SUAREZ KARLA ESTEFANÍA** y **GISELL KARINA CÁRDENAS SOUZA**, estudiantes egresados de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 1% de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto, reporte de similitud.

Atentamente:

f. _____

Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar PhD

C.I. 0911164127

DOCENTE TUTOR

TESIS GOMEZ Y CARDENAS

< 1% Similitudes **3%** Texto entre comillas
0% similitudes entre comillas
< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: TESIS GOMEZ Y CARDENAS.docx ID del documento: 1abba07e6c58a739ae182a97d38cc6b1187c20c8 Tamaño del documento original: 770,31 kB	Depositante: LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCIVAR Fecha de depósito: 13/7/2023 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 13/7/2023	Número de palabras: 12.353 Número de caracteres: 82.985
---	--	--

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/9208/1/UPSE-TIC-2023-0006.pdf 21 Fuentes similares	2%		Palabras idénticas : 2% (301 palabras)
2	Documento de otro usuario #618238 El documento proviene de otro grupo 15 Fuentes similares	2%		Palabras idénticas : 2% (223 palabras)
3	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8442/1/UPSE-TIC-2022-0024.pdf 6 Fuentes similares	2%		Palabras idénticas : 2% (204 palabras)
4	repositorio.espe.edu.ec Estimación de la Peligrosidad Sísmica en Ecuador Contine... http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13741 15 Fuentes similares	1%		Palabras idénticas : 1% (163 palabras)
5	Morfo-tectónica de la Península de Manta e Isla de La Plata y su relación con los pr... /var/dspace/bitstream/15000/17203/3/KCD-7711.pdf.txt 16 Fuentes similares	1%		Palabras idénticas : 1% (150 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	doi.org ACANTALADOS LITORALES DEL PACÍFICO SUR DE ECUADOR (PROVINCIA SANT... https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5016/geociencias.v41i1.16317	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (36 palabras)
2	cco.gov.ec https://cco.gov.ec/doc/siberma/karac_zcostera.pdf	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (38 palabras)
3	editorialibkn.com EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA LÍNEA DE COSTA PAR... https://editorialibkn.com/index.php/ya-chasun/article/view/222	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (40 palabras)
4	link.springer.com Application of Q slope to Assess the Stability of Rock Slopes in M... https://link.springer.com/article/10.1007/s00603-017-1211-5	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (39 palabras)
5	Documento de otro usuario #0c460d El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (32 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://www.ifad.org/es/web/operations/-/proyecto/1100001621
2	http://tierra.rediris.es/CuaternarioyGeomorfologia/images/vol21_1_2/Del
3	https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5834
4	https://doi.org/10.1016/S0012-821X(99)
5	https://www.construccion.net/normas_files/doc/NEC-SE-D5-Peligro-Sísmico-parte-1.pdf

DEDICATORIA

A Darla mi leal compañera en las noches de insomnio y a Biancha (†), el ser más inocente y puro quien sé que me espera del otro lado del arcoíris.

KARLA GÓMEZ SUÁREZ

El presente trabajo de titulación está dedicado en primer lugar a Dios por ser mi fortaleza cada día. A mis padres, pilar fundamental de mi vida, me enseñaron a ser perseverante para culminar mi carrera. A mis hermanas y amigos por su incondicional apoyo, en conclusión, gracias a todas aquellas personas que siempre confiaron en mi e hicieron posible cumplir con esta grandiosa meta de ser Ingeniera Civil.

GISSELL CÁRDENAS SOUZA

AGRADECIMIENTOS

Mi primer agradecimiento va dirigido a mi familia, a mis padres, Fausto Gómez y Zoila Suárez, y a mis hermanos, Johanna, Fausto e Ivette. Han sido mi mayor fuente de apoyo, inspiración y amor incondicional a lo largo de esta travesía académica. Agradezco profundamente su inquebrantable apoyo que ha sido mi sustento en este camino.

A la Arq. Gilda Rubira, quien fungió como mi mentora y amiga, por la confianza que depositó en mí al guiarme en este proceso de formación contribuyendo no solo a mi crecimiento profesional, sino también a mi desarrollo humano. También agradezco a mi tutora, la Ing. Lucrecia Moreno Alcívar y al Ing. Kervin Chunga por su dedicación, orientación y paciencia a lo largo de este proceso. Su experiencia y conocimiento desempeñaron un papel fundamental en el éxito de este trabajo de titulación.

A mi mejor amigo, Oscar Ordoñez, quien además de ser mi compañero en investigaciones y proyectos, ha brindado su amistad y cariño constantemente. Su apoyo ha sido una fuente constante de inspiración y motivación, impulsándome hacia la superación y la excelencia.

A los docentes y profesionales que contribuyeron a mi formación. Agradezco a los ingenieros Richard Ramírez, Pedro Proaño y Raúl Villao por su dedicación, pasión y compromiso con la enseñanza, una fuente constante de inspiración y motivación en la profesión.

Expreso un profundo agradecimiento a mi compañera de tesis, Gisell Cárdenas, y a todas las personas especiales en mi vida: Michael, Ronald, Paola, Edda, Yulissa, Fernando, José, Carol, Caleb, Anthony, Henry y Jorge. Su apoyo inquebrantable ha sido esencial en la consecución de este logro significativo. Cada uno de ustedes ha sido una parte esencial en mi trayectoria y contar con su respaldo ha sido un privilegio que valoraré a lo largo de toda mi carrera.

A las distintas instituciones y profesionales que me brindaron información, opiniones, sabiduría y equipos de manera oportuna. Su colaboración y disposición fueron esenciales para obtener los datos necesarios. Quiero destacar especialmente al Ing. Alonso Orlando, Ing. Antonio Buenaño y al Ing. Jorge Flores. Aprecio enormemente su tiempo y contribuciones.

Nuevamente, gracias a todos los que han sido parte de este camino. Sin su apoyo y guía, este logro no habría sido posible.

KARLA GÓMEZ SUÁREZ

Agradezco a Dios por haberme permitido alcanzar la meta deseada, por brindarme fuerzas, salud y perseverancia para lograr todos mis objetivos, además de su infinita bondad, misericordia y amor.

A mi amada madre Yessenia Karina Souza por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, por su paciencia, sobre todo por su amor, comprensión y ternura que ha sido la motivación constante para ser quien soy ahora.

A mi padre Pablo Marcelo Cárdenas por su ejemplo de constancia, firmeza que lo caracterizan, por sus buenos valores y principios que me ha inculcado siempre y por el valor mostrado para salir adelante.

A mis hermanas Janeth Cárdenas, Nicol Cárdenas, Mishell Cárdenas y Anahí Cárdenas que siempre me han brindado fortaleza, y motivación de forma incondicional, las amo.

A mi compañera de tesis Karla Gómez Suarez, por su dedicación, compromiso durante el proceso de titulación, es un honor y un privilegio trabajar a su lado.

Agradezco especialmente a Anthony Pilco, Paola Dorado, Daniel Pozo, Belén Malavé y Fernando Romero, los cuales supieron brindarme de su tiempo, confianza y su apoyo incondicional durante estos cuatro años.

Y para finalizar, agradezco infinitamente a mis docentes quienes formaron parte de mi proceso profesional: Ing. Raúl Villao, Ing. Jaime Argudo, Ing. Kervin Chunga, Ing. Alejandro Veliz, Ing. Jonny Villao, Ing. Gastón Proaños, Ing. Richard Ramírez, Ing. Miguel Salvatierra, Ing. Vianna Pinoargote y a mi Tutora Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, por su guía, consejo y por su apoyo durante todo el desarrollo de titulación.

GISSELL CÁRDENAS SOUZA

TABLA DE CONTENIDO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iii
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA	iv
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO.....	v
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS	ix
1. TABLA DE CONTENIDO	xi
LISTA DE TABLAS	xviii
2. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
2.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
2.2. ANTECEDENTES	5
2.3. HIPÓTESIS	9
2.3.1. Hipótesis General.....	9
2.3.2. Hipótesis específicas.....	9
2.4. OBJETIVOS.....	10
2.4.1. Objetivo General.....	10
2.4.2. Objetivos específicos.....	10
2.5. ALCANCE	10
2.6. VARIABLES.....	10
2.6.1. Variables independientes.....	10
2.6.2. Variables Dependientes.....	11
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	12
2.7. AMBIENTE TECTÓNICO DEL ECUADOR.....	12

2.8.	GEOLOGÍA DE AMÉRICA DEL SUR Y DEL ECUADOR CONTINENTAL.....	13
2.9.	GEOLOGÍA GENERAL DE LA PENÍNSULA DE SANTA ELENA Y LA LIBERTAD.....	13
2.9.1.	Geología Local.....	14
2.10.	ESTRATIGRAFÍA.....	14
2.10.1.	Formación Cayo.....	16
2.10.2.	Formación Piñón.....	16
2.11.	MATRIZ ROCOSA.....	16
2.12.	MACIZO ROCOSO.....	17
2.13.	TALUD.....	17
2.14.	FACTORES QUE PRODUCEN FALLAS DE ESTABILIDAD DE LADERAS Y TALUDES.....	18
2.15.	PARÁMETROS MECÁNICOS DEL SUELO.....	18
2.15.1.	Ensayos de laboratorio.....	19
2.15.2.	Ensayos de resistencia.....	21
2.16.	ENSAYOS GEOFÍSICOS.....	21
2.16.1.	Sísmica de refracción.....	21
2.17.	VELOCIDAD DE CORTE.....	22
2.18.	PARÁMETROS MECÁNICOS DE LA ROCA.....	22
2.18.1.	Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos.....	22
2.19.	SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN.....	23
2.19.1.	Rock Mass Rating (RMR).....	23
2.19.2.	Rock Quality Designation (RQD).....	23
2.19.3.	Q Barton.....	24
3.	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	25

3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	25
3.1.1.	Tipo de investigación.....	25
3.1.2.	Nivel de investigación.....	26
3.2.	MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
3.2.1.	Método.....	26
3.2.2.	Enfoque.....	27
3.2.3.	Diseño de la investigación.....	27
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	27
3.3.1.	Población.....	28
3.3.2.	Muestra.....	28
3.3.3.	Muestreo.....	28
3.4.	UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO.....	28
3.4.1.	Levantamiento Topográfico.....	28
3.5.	DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA.....	30
3.6.	METODOLOGIA DEL OE.1: DETERMINAR CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y LA CALIDAD DE LA ROCA DEL TALUD, MEDIANTE ENSAYOS DE LABORATORIO, ENSAYOS GEOFÍSICOS Y MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN DE MASA ROCOSA PARA OBTENER PARÁMETROS GEO MECÁNICOS DEL TALUD.....	33
3.6.1.	Estudio geotécnico.....	33
3.7.	METODOLOGIA DEL OE.2: ANALIZAR PARÁMETROS HIDROMETEREOLÓGICOS MEDIANTE ESTUDIO MAREAS, PRECIPITACIONES Y VIENTO PARA DETERMINAR SU INFLUENCIA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD.....	38
3.7.1.	Parámetro Hidrodinámico.....	38
3.7.2.	Parámetro Meteorológico.....	39

3.8.	METODOLOGIA DEL OE3: DETERMINAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD MEDIANTE EL DISEÑO DE UN MODELO GEOTÉCNICO GEO SÍSMICO PARA EL RECONOCIMIENTO DE PUNTOS CRÍTICOS.	41
4.	CAPÍTULO IV: RESULTADOS	44
4.1.	FASE PRELIMINAR.....	44
4.1.1.	Modificaciones del Área de estudio.....	45
4.1.2.	Fotogrametría.....	46
4.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS OE1: CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y CALIDAD DE LA ROCA DEL TALUD MEDIANTE ENSAYOS DE LABORATORIO, ENSAYOS GEOFÍSICOS Y MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN DE MASA ROCOSA PARA OBTENER PARÁMETROS GEO MECÁNICOS DEL TALUD.....	48
4.2.1.	Muestreo en bloque.....	49
4.2.2.	Ensayos geofísicos.....	50
4.2.3.	Caracterizaciones de taludes.....	55
4.2.4.	Caracterización C1.....	56
4.2.5.	Caracterización C2.....	58
4.2.6.	Caracterización C3.....	62
4.3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS OE2: ANALIZAR PARÁMETROS HIDROMETEREOLÓGICOS MEDIANTE ESTUDIO MAREAS, PRECIPITACIONES Y VIENTO PARA DETERMINAR SU INFLUENCIA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD.....	66
4.3.1.	Parámetro Hidrodinámico.....	66
4.3.2.	Parámetro Meteorológico.....	68
4.3.3.	Criterio Mora Vharson.....	73
4.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS OE3: DETERMINACIÓN DE POSIBLES DESLIZAMIENTOS DE TALUD MEDIANTE EL DISEÑO DE	

UN MODELO GEOTÉCNICO PARA LA EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD.....	74
4.4.1. Caracterización 1.....	74
5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
5.1. CONCLUSIONES.....	77
5.2. RECOMENDACIONES	78
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
7. ANEXOS	88

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mapa Geológico de la Península de Santa Elena.</i>	14
Figura 2. <i>Relación estratigráfica entre formaciones de la Península de Santa Elena y Cuenca Progreso.</i>	15
Figura 3 <i>Perfil Acantilado objeto de estudio.</i>	30
Figura 4. <i>Descripción metodológica de la investigación.</i>	32
Figura 5 <i>Organigrama metodológico para Análisis Geotécnico.</i>	37
Figura 6 <i>Organigrama metodológico para Análisis del factor Hidrometereológico.</i>	40
Figura 7 <i>Organigrama metodológico para Análisis de estabilidad del talud.</i>	41
Figura 8. <i>Implantación de la zona de estudio.</i>	44
Figura 9. <i>Modificación de la línea de costa a través del tiempo.</i>	45
Figura 10. <i>Vista Isométrica de modificación de la línea de costa por obra de protección del litoral.</i>	46
Figura 11. <i>Ortomosaico área de estudio – Campus Samarina</i>	47
Figura 12. <i>Mapa de elevaciones del área de estudio.</i>	47
Figura 13. <i>Mapa de elevaciones del área de estudio.</i>	48
Figura 14 <i>Ubicación de ensayos listados en la Tabla 9.</i>	50
Figura 15 <i>Resultados de ensayo de Nakamura en Campo Libre.</i>	51
Figura 16 <i>Resultados de Ensayo de Nakamura en estructura.</i>	52
Figura 17 <i>Geometría de estructura ensayada.</i>	52
Figura 18 <i>Vista Isométrica del sector de estudio y ubicación de marcadores.</i>	55
Figura 19 <i>Zona de caracterización C1.</i>	56
Figura 20 <i>Estratigrafía – caracterización 1.</i>	57
Figura 21 <i>Afectaciones estructurales en construcciones sobre el talud.</i>	61
Figura 22 <i>Estratigrafía Caracterización C3.</i>	62
Figura 23 <i>Caracterización geotécnica 3.</i>	63
Figura 24 <i>Cavernas de socavación marina C3.</i>	63
Figura 25 <i>Caída de bloques de antiguo muro de hormigón ciclópeo.</i>	64
Figura 26 <i>Serie de tiempo de la dirección del oleaje evaluada en el periodo junio 2022- junio 2023.</i>	67

Figura 27 Serie de tiempo de la altura del oleaje evaluada en el periodo junio 2022- junio 2023.	68
Figura 28 <i>Serie de tiempo de la altura del oleaje evaluada en el periodo junio 2022- junio 2023</i>	69
Figura 29 <i>Serie de tiempo de la altura del oleaje evaluada en el periodo junio 2022- junio 2023</i>	70
Figura 30 <i>Probabilidad teórica y empírica de ocurrencia de eventos extremos</i> . .	73
Figura 31 <i>Análisis de estabilidad CI</i>	75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Factores que condicionan la estabilidad de los taludes.</i>	18
Tabla 2 <i>Sistemas de clasificación de la masa rocosa.</i>	23
Tabla 3 <i>Coordenadas UTM del sector de estudio.</i>	29
Tabla 4. <i>Cuadro de operacionalización de la variable independiente.</i>	42
Tabla 5. <i>Cuadro de operacionalización de la variable dependiente.</i>	43
Tabla 6. <i>Ubicación de marcadores área de estudio.</i>	44
Tabla 7. <i>Resultados de ensayos de identificación y estad.</i>	49
Tabla 8. <i>Resultados de ensayos de resistencia.</i>	49
Tabla 9. <i>Coordenadas donde se realizaron los ensayos.</i>	50
Tabla 10 <i>Clasificación de perfiles de suelo acorde a NEC-15 (Norma Ecuatoriana de La Construcción).</i>	53
Tabla 11 <i>Ensayos geofísicos para la determinación de la velocidad de las ondas de corte Vs (m/s)-MAM+MASW.</i>	54
Tabla 12 <i>Estratigrafía – caracterización 1.</i>	57
Tabla 13 <i>Estratigrafía – caracterización 1.</i>	58
Tabla 14 <i>Calificación RMR - Caracterización C2.</i>	60
Tabla 15 <i>Clasificación Q (Barton) – Caracterización C2.</i>	61
Tabla 16 <i>Estratigrafía – caracterización C3.</i>	62
Tabla 17 <i>Calificación RMR - Caracterización C3.</i>	64
Tabla 18 <i>Calificación Q Barton - Caracterización C3</i>	65
Tabla 19. <i>Valores máximos, mínimos y promediados de la dirección del oleaje.</i> 67	
Tabla 20. <i>Valores máximos, mínimos y promediados de la altura del oleaje durante el periodo de estudio junio 2022- junio 2023.</i>	68
Tabla 21 <i>Valores máximos, mínimos y promediados de la dirección del oleaje.</i> . 69	
Tabla 22.....	70
Tabla 23 <i>Registro de precipitaciones máximas en 24 horas anuales.</i>	71
Tabla 24 <i>Variabes estadísticas obtenidas en el talud.</i>	72
Tabla 25 <i>Tabla - Periodo de precipitación.</i>	72

Tabla 26 *Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento empleando criterio Mora Vharson*. 74

“FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR”

Autores: Cárdenas Souza Gisell Karina

Gómez Suárez Karla Estefanía

Tutor: PhD. Moreno Alcívar Lucrecia Cristina

RESUMEN

Los acantilados costeros experimentan erosión gradual y fallas masivas debido a procesos sub aéreos y marinos. Este estudio se centra en la caracterización geológica y geotécnica del acantilado del campus Samarina en la provincia de Santa Elena. El objetivo es proponer medidas para mitigar los riesgos de erosión y estabilizar el talud. El área de estudio incluye el campus Samarina, que alberga el antiguo Hotel Samarina, considerado un patrimonio histórico-arquitectónico y un sitio patrimonial debido a su importancia cultural y arqueológica. La línea de costa de Santa Elena se ve afectada por fenómenos geológicos, deslizamientos y derrumbes, lo que requiere un enfoque integral de manejo. La metodología propuesta implica recopilar información preliminar, inspección visual, medición estructural de diaclasas y fallas geológicas, y la determinación de parámetros geotécnicos como el Rock Mass Rating (RMR), Rock Quality Designation (RQD), índice Q y Slope Mass Rating (SMR). Además, se utilizarán los criterios de Mohr-Coulomb y Hoek-Brown, así como ensayos geofísicos de sísmica de refracción para obtener parámetros geotécnicos adicionales. Los resultados de este estudio proporcionarán información y alternativas para la estabilización de taludes, permitiendo la preservación de un sitio de alto valor histórico, arqueológico y patrimonial, al tiempo que se reducen los riesgos asociados a deslizamientos en el acantilado estudiado”

Palabras clave: *Acantilado, línea de costa, geología de Santa Elena.*

“ENVIRONMENTAL FACTORS IMPACTING THE SLOPE STABILITY OF HOTEL SAMARINA IN LA LIBERTAD, ECUADOR”

Autors: Cárdenas Souza Gisell Karina

Gómez Suárez Karla Estefanía

Tutor: Moreno Alcívar Lucrecia Cristina

ABSTRAC

Coastal cliffs experience gradual erosion and massive failures due to subaerial and marine processes. This study focuses on the geological and geotechnical characterization of the cliff at Samarina Campus in the province of Santa Elena. The objective is to propose measures to mitigate erosion risks and stabilize the slope. The study area includes Samarina Campus, which houses the ancient Samarina Hotel, considered a historic architectural heritage site due to its cultural and archaeological significance. The Santa Elena coastline is affected by geological phenomena, landslides, and collapses, necessitating a comprehensive management approach.

The proposed methodology involves collecting preliminary information, conducting visual inspections, performing structural measurements of joints and geological faults, and determining geotechnical parameters such as Rock Mass Rating (RMR), Rock Quality Designation (RQD), Q index, and Slope Mass Rating (SMR). Additionally, Mohr-Coulomb and Hoek-Brown criteria will be utilized, along with geophysical seismic refraction tests, to obtain additional geotechnical parameters.

The findings of this study will provide information and alternatives for slope stabilization, allowing for the preservation of a site of high historical, archaeological, and heritage value while reducing the risks associated with slope failures in the studied cliff.

Keywords: *Cliff, coastline, Santa Elena geology.*

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El ambiente se compone de elementos naturales y artificiales, que abarcan diversas dimensiones: física, biológica y sociocultural. Estos elementos interactúan entre sí, creando una compleja red de relaciones que se modifican a través del tiempo y espacio. Como resultado, se generan condiciones propias que influyen en el desarrollo y la existencia de la vida, tanto de manera natural como por influencia antrópica (Ponce-Calderón et al., 2016). Las zonas costeras son consideradas sitios de interés económico (Nascimento Santos et al., 2007), sin embargo, estos espacios como consecuencia de los fenómenos inherentes a las dinámicas tectónicas, atmosféricas y oceanográficas presentan riesgos particulares (Brett, 2019).

La costa se considera un área de alto dinamismo que incluye un conjunto de procesos naturales y antropogénicos. Federici & Rodolfi, (2001) plantean que la erosión litoral y el retroceso de la línea de costa son amenazas primarias para poblados e infraestructuras ubicadas en la zona costera a nivel mundial, principalmente en el litoral ecuatoriano. Vera Álava et al. (2021), destaca que los impactos vinculados a la morfodinámica de la línea de costa experimentan cambios significativos en su magnitud como resultado de cambios en agentes múltiples, impactan en el desarrollo sostenible de poblados cercanos al nivel del mar (Ibarra Marinas & Belmonte Serrano, 2007). La Gestión integrada de las zonas marinas y costeras y su caracterización son claves para proveer de las bases técnicas que sustentan el establecimiento de políticas públicas y programas específicos para la protección y manejo sustentable de la zona costera (Silva Casarín et al., 2014).

La erosión en acantilados costeros define la combinación de procesos sub aéreos y marinos que provocan gradual erosión y fallas masivas en episodios causados por la debilitación estructural del acantilado (Earlie et al., 2017), este proceso continuo de la erosión del litoral está íntimamente relacionado al contexto geodinámico del territorio producto de la línea de subducción entre las placas Sudamericana y del bloque norandino (Eguez et al., 2003) que produce el relieve

y rasgos topográficos que caracteriza el terreno; a criterio de Cedeño Velez & Mendez Mata (2022) típicamente una costa alta. Como plantea Soledispa (2009) en las Actas Oceanográficas del Pacífico, la provincia de Santa Elena en su perfil litoral presenta acantilados modelados en rocas sedimentarias pobremente cementadas en conjunto con litologías inestables a procesos erosivos, desencadena asentamientos que causan afectaciones a infraestructuras. A nivel de relieve, se percibe la diversidad en respuesta a la compleja geología histórica y un rasgo morfológico importante es su punta sobresaliente que nota una interrupción de la continuidad de la costa norte y sur del continente (Moreno-Alcívar et al., 2019).

Para Vanneschi et al. (2022) los taludes de roca natural requieren la caracterización geotécnica para determinar las condiciones de estabilidad que presentan. Los macizos rocosos presentan una distribución de fallas no uniforme, se considera crucial identificar deslizamientos cinemáticos añadiendo un completo análisis de estabilidad ante posibles eventos de desprendimiento para crear mapas de riesgos.

Las laderas adyacentes al mar se denominan acantilados y presentan influencia de factores atmosféricos externos y de oleaje desencadenando en erosión (Moreno Alcivar et al., 2021), la línea de costa de la provincia de Santa Elena se ve afectada por fenómenos geológicos debido a la dinámica del litoral, deslizamientos y derrumbes de estratos rocosos por fallas geológicas. El presente estudio pretende caracterizar las propiedades geotécnicas y los factores ambientales que inciden en la estabilidad del acantilado del campus Samarina, sugiriendo medidas para mitigar riesgos asociados al peligro de erosión en los acantilados y la línea costera del cantón la Libertad.

El área de estudio comprende los predios del campus Samarina ubicado en la línea costera del cantón La Libertad de la provincia de Santa Elena, actualmente propiedad de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, el Ex - Hotel Samarina supone una importante superestructura de hormigón (Saltos et al., 2015) catalogado como patrimonio histórico – arquitectónico debido a la antigüedad del edificio que a criterio de Anda et al. (2015) se considera patrimonio cultural

debido al impacto que tuvo durante el auge petrolero al actuar como un punto clave de desarrollo económico del cantón. Como detallan Uberlaker (1988) y Santana et al. (2014) Samarina se encuentra dentro de la zona arqueológica ampliamente estudiada que alberga vestigios funerarios de la cultura Guangala, identificada como “OGSE -46”. Esta declaración de patrimonio arqueológico la confiere el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural en la cual López et al. (2008) detalla en el documento “Línea Base para el Plan de Manejo del Sitio Arqueológico - Patrimonial Samarina” la necesidad de priorizar la protección, conservación, investigación y difusión del patrimonio descrito.

Para el desarrollo de la metodología se considera fundamental conocer su estructura, propiedades mecánicas, físicas e hidrológicas que incluyen en el acantilado estudiado la recopilación de la información de los estudios realizados de manera preliminar, la inspección visual y verificación del estado actual de los macizos rocosos, la medición estructural de diaclasas y fallas geológicas, los parámetros RMR o Rock Mass Rating (Bieniawski, 1978, 1989), RQD o Rock Quality Designation, el índice Q (Barton et al., 1974) , SMR o Slope Mass Rating (Romana, 1985; Romana et al., 2003). El criterio Mohr- Coulumb y Hoek-Brown permite obtener los parámetros geotécnicos GSI o Geological Strength Index y un ensayo geofísico de sísmica de refracción, para determinar la velocidad de onda P y el UCS (Chunga et al., 2020). La información propondrá parámetros útiles para macizos rocosos y permitirán plantear alternativas para estabilización de taludes permitirán preservar el sitio de alto valor histórico, arqueológico y patrimonial, reduciendo riesgos en deslizamientos del talud en cuestión.

2.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Trenhaile (1987), contempló que de las zonas litorales del mundo un 80% son rocosas, este parámetro incluye litorales acantilados como playas respaldadas por acantilados o con soporte en plataformas rocosas. La concentración de poblaciones en las zonas costeras afecta a las áreas que presentan cercanía a acantilados ubicando en ellos infraestructuras que se encuentran situación de riesgo y vulnerabilidad por su amenaza constante a la erosión costera (Del Río &

Gracia, 2007). Consecuentemente existe un conflicto entre la ocupación antrópica y la inestabilidad inherente, donde desarrollos humanos se sitúan sobre zonas inestables dominadas por acantilados (García Reyna, 2018), las tasas de retroceso, procesos de inestabilidad amenazan bienes materiales, económicos y vidas humanas (Rodríguez Da Silva et al., 2020).

Conocer la estabilidad de un talud es vital al poder alterar las infraestructuras de su entorno. Estas afectaciones se originan por diferentes factores como cambios climáticos, realización de excavaciones al pie del talud, por sobrecarga en la corona, algún evento sísmico y acción erosiva del océano. En Ecuador varios estudios contemplan esfuerzos por clasificar la línea de costa en sistemas que se adapten a la situación del país.

En el caso de la provincia de Santa Elena Soledispa (2009) concluye que gran parte del perfil litoral en sus acantilados presentan modelaciones en rocas sedimentarias inestables ante procesos erosivos, la situación actual del litoral costero de la Libertad es detallada en varios informes del GADM Municipal de La Libertad, y acorde al Plan de Desarrollo del cantón La Libertad con autor a la Escuela Politecnica del Litoral (ESPOL) (2013), resalta la ubicación estratégica del antiguo Hotel Samarina para ser aprovechado para operaciones turísticas y formación profesional en el ámbito del turismo. En el artículo elaborado por Saltos et al. (2015) indica la vulnerabilidad sísmica del área de estudio Campus Samarina es alta por lo que estudios de rehabilitación del edificio y la estabilización del talud donde se cimenta es una necesidad para el correcto aprovechamiento del patrimonio descrito.

La investigación se desarrolla acorde al decimoprimer objetivo de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 “Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles” donde lista redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo, reducir el número de muertes por desastres y la implementación de políticas y planes de gestión integral de riesgos y desastres en todos los niveles (Naciones Unidas, 2018).

La formulación general del problema de investigación se encuadra en la siguiente interrogante general: ¿qué características geotécnicas y ambientales influirán en la

estabilidad del macizo rocoso del acantilado en el Hotel Samarina?, del cual se derivan tres problemas específicos: **P.E.1.** ¿Cuáles son los parámetros geomecánicos del suelo del acantilado del hotel Samarina y como influirán en los movimientos de masa e inestabilidad del talud? **P.E.2.** ¿El viento, la precipitación y la marea influyen en la estabilidad del talud? **P.E.3.** ¿Qué criterios de estabilidad y riesgo de deslizamientos presenta el modelo geotécnico del talud del hotel Samarina?

2.2. ANTECEDENTES

El presente estudio contempla el análisis de investigaciones previas a nivel internacional y local, se analiza críticamente el problema que se pretende abordar (García Ramírez, 2019, 2021).

En el ámbito internacional, Moreno Alcivar et al. (2021) en el artículo “Modificación de la línea de costa a nivel mundial” realiza una recopilación bibliográfica con objetivo de sintetizar actividades científicas con referencia a la dinámica geomorfológica de los acantilados a nivel mundial utiliza el método bibliométrico en una investigación cuantitativa descriptiva y presenta una descripción de los estudios realizados en cada continente donde concluye que la implementación de tecnologías en levantamientos topográficos permiten monitorear la dinámica de la morfología de los acantilados estudiados y promueve la investigación en dinámica del litoral.

Un estudio a gran escala es el libro “Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático” en la sección “Impactos sobre las zonas costeras” donde los autores Cendrero Uceda et al., (2021) analizan los factores que generarían impactos en distintas zonas de España donde los resultados de estrategias de adaptabilidad y soluciones entre ellas estabilización de playas y dunas, concluyendo también que es necesario actuar en inmediatez a los factores antrópicos relacionados con la estabilidad del litoral, delimitar e inventariar áreas y elementos que puedan ser afectados por los efectos del cambio climático: ascenso del nivel del mar, oleaje y marea, presentando estrategias de abandono y retroceso o protección.

A nivel Nacional, en el ámbito de peligrosidad sísmica, resaltan los estudios de Chunga et al., (2018) en la investigación “Characterization of seismogenic crustal faults in the gulf of Guayaquil, Ecuador” en el cual el objetivo es proporcionar un catálogo de fallas mediante el registro sísmico instrumental de tres terremotos proporciona información para la evaluación de riesgo sísmico por fallas capaces, su metodología estima una variedad de sismicidad en niveles que oscilan entre Mw 6.2 y Mw 7.2, en resultados presenta un catálogo de fallas entre ellas 40 segmentos de fallas capaces en el fondo marino del Golfo de Guayaquil y segmentos continentales de Guayas, Santa Elena y el Oro, y proporciona nuevos datos útiles para la evaluación del riesgo sísmico, donde concluye que los efectos sísmicos en la superficie, por mismos locales moderados y fuertes pueden causar grandes efectos en la superficie.

El estudio se complementa con la investigación realizada por Chunga et al. (2013) titulada ‘Estimación de máximos niveles de sismicidad para el Litoral Ecuatoriano a través de la integración de datos geológicos y sismo-tectónicos’ en la cual analiza información sismológica que explora los segmentos continentales de Guayas, Santa Elena, y El Oro, permitiendo estimar niveles de sismicidad, como resultado se observa la estimación de máximos niveles de sismicidad para el litoral ecuatoriano, utiliza como método el registro de sismos históricos y datos de sismicidad instrumental como resultado presenta una clasificación sectores del litoral costero entre intensidades VII y X., la provincia de Santa Elena, El cantón Salinas se determina con intensidad de XI y los cantones La Libertad y Santa Elena con intensidad X, donde se concluye que los datos de intensidad de magnitud permiten determinar el máximo valor esperado durante terremotos y la dirección del gradiente de campo de intensidad.

De estos estudios la información geológica estructural proporciona datos a considerar en el área de estudio. Resalta la metodología del estudio realizado por Chunga et al. (2020) “Caracterización geomecánica de taludes de roca basáltica en la costa sur de Ecuador: implicaciones en su estabilidad”, donde se analizan taludes en rocas basálticas con afectaciones en tramos de carreteras, la evaluación geomecánica de la estabilidad del talud considerando las técnicas de: resistencia a

la comprensión uniaxial, medición de discontinuidades y técnicas de proyección estereográficas.

En el artículo científico “Evaluación de la vulnerabilidad de la línea de costa para apoyar los desarrollos sostenibles de poblados costeros en Manabí, Ecuador”, los autores Vera Álava et al. (2021), pretenden evaluar la vulnerabilidad costera en la provincia de Manabí usando la metodología IVC (Índice de Vulnerabilidad Costera), la metodología utilizada usa valores cualitativos y cuantitativos y describen seis variables o indicadores: geomorfología, tasa de cambio, pendiente costera, altura de ola, rango mareal y cambio de nivel del mar, resultante en una lista de valores del IVC donde caracteriza la vulnerabilidad costera del litoral Manabita en cada playa y concluye que la variable con menor incidencia es la marea y mayor importancia del nivel de antropización.

En el ámbito local a nivel provincial se han realizado numerosas investigaciones con fin de caracterizar la línea costera, en la investigación realizada por Cedeño & Méndez, (2022), en su artículo titulado “Acantilados litorales del Pacífico sur de Ecuador (provincia Santa Elena) como marcadores geomorfológicos de susceptibilidad a la erosión litoral”, que tuvo por objeto analizar la susceptibilidad a la erosión litoral identificando y sectorizando los sitios de interés de la provincia de Santa Elena, caracteriza e integra criterios de naturaleza físico naturales y su determinante en la dinámica geomorfológica – evolutiva de los acantilados estudiados frente a procesos erosivos, como resultados brindan importantes datos sobre sectores de los cantones Santa Elena y Salinas, donde concluye que el perfil costero de la provincia presentan los principales factores que contribuyen a la erosión litoral lo geomorfológico, geológico e hidrodinámico.

De acuerdo con Sánchez Cuadros (2003), en su tesis “Diseño De Las Obras De Protección Costera Del Malecón De La Libertad, Provincia Del Guayas” menciona que los acantilados bajos, medianos y altos del cantón están conformados por lupitas arcillosas, areniscas salificadas terciarias y areniscas conglomeradas pleistocénicas. Los materiales como la lutita y conglomerados cretácicos se encuentran con mayor magnitud en el sector de La Caleta – Hotel

Samarina, de la misma manera alega que los acantilados que se encuentran en la costa oeste tienen características inestables.

Estos datos se correlacionan con el estudio realizado en la el estudio “Consultoría para la elaboración de los estudios y diseños definitivos del malecón área costera del cantón La Libertad, provincia de Santa Elena” donde BORLETI, (2021), tiene como objetivo el estudio geotécnico en el área del proyecto recuperando muestras del suelo que conforman el acantilado y la zona de playa, realiza trabajos de campo y ensayos de laboratorio en el sector de estudio, como resultado obtienen las características geomecánica de los suelos, determinar la capacidad portante de los mismos y ejecutar análisis de estabilidad en conjunto con alternativas constructivas, concluye que las estructuras de gran envergadura deben ser asentadas sobre pilotes, también concluye que los acantilados son estables debido a la alta capacidad portante del macizo rocoso sin embargo la matriz rocosa que aflora a nivel superficial es altamente erosible, donde es propenso a erosión marina, caída de detritos y desprendimientos, por lo que recomienda la protección del talud con mortero y sistemas de anclaje.

En el estudio de “Evaluación estructural y rehabilitación sísmica del Hotel Samarina de propiedad de la Universidad Península de Santa Elena, para la creación de un modelo disipador de energía”, Saltos et al. (2015) evalúan la estructura del antiguo hotel Samarina, actualmente parte de las edificaciones pertenecientes a la Facultad de Turismo, en el cual los autores como objetivo plantean la rehabilitación de la estructura, su metodología utiliza el estudio diagnóstico y modelado de la estructura, como resultados presentan el modelo de diseño para la rehabilitación por medio de disipadores sísmicos y concluye en que es necesaria el reforzamiento de la estructura debido al peligro sísmico que representa y la vulnerabilidad a la que el Hotel se encuentra expuesta, los estudios no incluyen el análisis del talud en cuestión, tampoco se verifican asentamientos.

Los datos recopilados de “Estimación de máximos niveles de sismicidad para el Litoral Ecuatoriano a través de la integración de datos geológicos y sismotectónicos”, concluye que la zona se caracteriza por tener una alta sismicidad; el motivo principal es su ubicación en la subducción de la placa de Nazca y

Sudamericana y en concordancia con los estudios de BORLETI (2021) y Sánchez Cuadros (2003) la matriz rocosa es altamente susceptible a la erosión por factores geo ambientales sin embargo en sus características se observa una alta capacidad portante.

El área de estudio es objeto de múltiples estudios arqueológicos debido a que se han encontrado vestigios cerámicos de la cultura Guangala, las investigaciones arqueológicas datan desde el estudio “Human Remains from OGSE-46 La Libertad, Guayas Province, Ecuador” realizadas por Uberlaker (1988) para el Journal of the Washington Academy of Sciences y las investigaciones de López et al. (2008) y Santana et al., (2014) con los estudios “Prácticas funerarias de la Cultura Guangala en el sitio arqueológico OGSE-46 Samarina (Santa Elena, Ecuador)” y “Línea Base para el Plan de Manejo del Sitio Arqueológico - Patrimonial Samarina” donde se discute el valor patrimonial del sitio y las medidas de protección del patrimonio arqueológico albergado en la zona.

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. Hipótesis General.

Las características geotécnicas y ambientales influirán en la estabilidad del macizo rocoso, del acantilado en el Hotel Samarina, en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena.

2.3.2. Hipótesis específicas.

H.E.1.: Las características del suelo y la calidad de la roca del talud obtenidas de ensayos de laboratorio, ensayos geofísicos y métodos de clasificación de masa rocosa permitirán obtener parámetros geo mecánicos del talud.

H.E.2.: El análisis de parámetros hidrometeorológicos determinará la influencia de mareas, precipitaciones y viento en la estabilidad del talud.

H.E.3: El diseño de un modelo geotécnico geo sísmico permitirá determinar posibles deslizamientos del talud y la evaluación de la estabilidad.

2.4. OBJETIVOS

2.4.1. Objetivo General.

Evaluar los factores geo ambientales que inciden en la estabilidad del talud del Hotel Samarina ubicado en el cantón La Libertad, Ecuador.

2.4.2. Objetivos específicos.

O.E.1.: Determinar características del suelo y la calidad de la roca del talud, mediante ensayos de laboratorio, ensayos geofísicos y métodos de clasificación de masa rocosa para obtener parámetros geo mecánicos del talud.

O.E.2.: Analizar parámetros hidrometereológicos mediante estudio mareas, precipitaciones y viento para determinar su influencia en la estabilidad del talud.

O.E.3: Determinar posibles deslizamientos del talud mediante la evaluación de la estabilidad.

2.5. ALCANCE

Esta información proporcionará parámetros geotécnicos para macizos rocosos, así como alternativas de técnicas para la estabilidad de taludes, útiles en la proyección de planificaciones y para la reducción de riesgos por deslizamientos en la propiedad.

2.6. VARIABLES

2.6.1. Variables independientes.

Las variables independientes son:

- Parámetros hidrometeorológicos: precipitación, vientos y oleaje
- Parámetros geo mecánicos: características mecánicas del suelo, calidad del macizo rocoso.
- Parámetros geo sísmicos: velocidad de onda P.

2.6.2. Variables Dependientes

- Estabilidad del talud.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.7. AMBIENTE TECTÓNICO DEL ECUADOR

La plataforma continental se relaciona con el conjunto de características geomorfológicas y geológicas que responden a la historia estructural y sedimentaria de la tectónica de placas produciendo márgenes asociados con la subducción de corteza oceánica en una fosa (Kennett, 1982), que es una zona de convergencia donde dos placas se desplazan en direcciones opuestas. Este proceso implica que la placa oceánica de Nazca, al ser más densa, se hunde debajo de la placa continental Sudamericana, con una velocidad aproximada de 5.5 a 5.8 cm/año, que es menos densa pero más gruesa en comparación a lo largo de la fosa que corre en paralelo a las costas de Chile, Perú y Ecuador (Goyes, 2009). Este fenómeno de subducción originó la cordillera de los Andes y produce eventos sísmicos y de actividad volcánica.

El riesgo sísmico en Ecuador se origina a partir de dos tipos de fuentes principales: la subducción, detallada anteriormente y las fuentes corticales. Cada una de estas fuentes se caracteriza por acumular y liberar energía, lo que resulta en la generación de movimientos telúricos o sismos. Las fuentes corticales se relacionan con las fallas y deformaciones en la corteza terrestre, que pueden acumular tensiones a lo largo del tiempo y eventualmente liberar energía en forma de sismos (Quinde Martínez & Reinoso Angulo, 2016). Este comportamiento dinámico ha conformado un área con una concentración mayor de fallas y pliegues en la sierra ecuatoriana, denominado Sistema Mayor Dextral (Cevallos Alvarado, 2012) considerado la principal fuente generadora de sismos.

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de La Construcción (2015) en su capítulo Peligro Sísmico caracteriza a la península de Santa Elena con un valor $Z \geq 0.50$, lo que le confiere la categorización de Zona Sísmica VI, con riesgo muy alto.

2.8. GEOLOGÍA DE AMÉRICA DEL SUR Y DEL ECUADOR CONTINENTAL

La Geología comprende el estudio de la Tierra, su historia, estructura, composición, procesos geológicos y los materiales que la conforman. En criterios de estabilidad, las características geológicas de tectónica, erosión y movimientos terrestres determinan el relieve, y con relación a su litología, geomorfología, estructura y el estado de meteorización condicionan la susceptibilidad a deslizamientos (Suárez Díaz, 2009). La deformación vertical a lo largo de la costa de América del Sur está asociada a los procesos de convergencia entre las placas de Nazca y Sudamericana y están vinculadas a la subducción de irregularidades batimétricas por la presencia de la cordillera submarina de Nazca, Carnegie y Cocos (Gutscher et al., 1999). Los estudios de los fondos submarinos, islas oceánicas y márgenes continentales reconocen la extensa riqueza geológica de América del sur (Comisión Nacional del Derecho del Mar (CNDM) et al., 2009).

Este margen convergente norandino se considera una región intensa de vulcanología y sismología y describen que los Andes pertenecientes al Ecuador y del norte del Perú fueron formados por acreciones sucesivas de bloques durante el Mesozoico e inicio del cenozoico (Mourier et al., 1988) y las terrazas y depósitos marinos de poca profundidad en el plioceno y el cuaternario, de acuerdo con Pedoja et al. (2009) estos están constituidos por facies de poca profundidad, donde es complejo definir donde acaba e inicia otra unidad litológica cuando ambas están presentes.

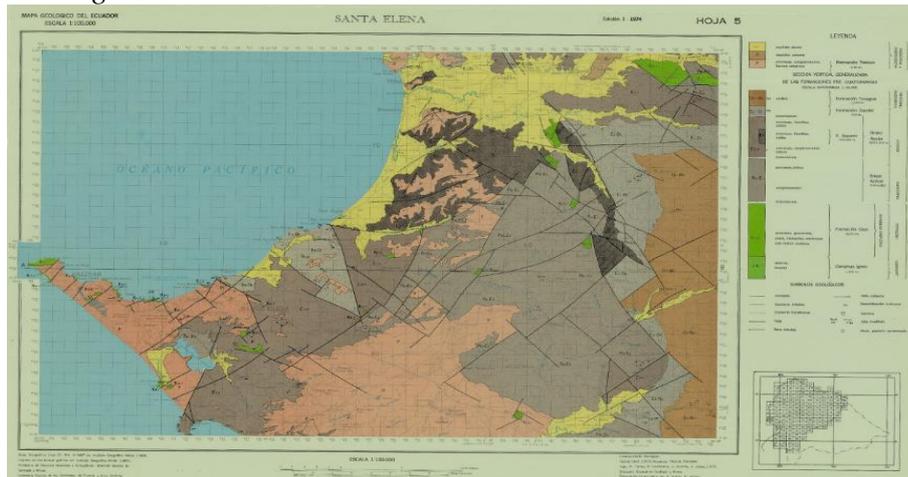
2.9. GEOLOGÍA GENERAL DE LA PENÍNSULA DE SANTA ELENA Y LA LIBERTAD

De acuerdo a Nuñez del Arco (2003), en su libro “Geología del Ecuador” considera que el área de la península de Santa Elena se compone de formación Piñón y Cayo de origen volcánico y sedimentario marina. Moreno-Alcívar (2014) afirma que sobre la formación Cayo se encuentra la formación Santa Elena, y estratigráficamente es equivalente al miembro Guayaquil Chert de la cuenca

Progreso, sobre esta se encuentra el grupo Azúcar integrado por la formación San José equivalente a Estancia en contacto discordante con formación Santa Elena y en el tope la formación Atlanta equivalente a Chanduy y sobre esta la formación Pasage Beds equivalente a Engabao de la cuenca Progreso.

Figura 1.

Mapa Geológico de la Península de Santa Elena.



2.9.1. Geología Local.

Acorde a Nuñez del Arco (2003), se han identificado lutitas silicificadas que están relacionadas con la formación Guayaquil Chert, a la que localmente se le conoce como miembro Santa Elena, de la formación Cayo. Estas lutitas tienen características que sugieren podrían ser de origen secundario y posiblemente se derivan de diversos tipos de rocas, como calizas y areniscas, son ricas en sílice y presentan variedad de colores que va desde el rojo hasta el verde, gris y negro, contienen una alta cantidad de fragmentos y es probable que hayan experimentado dos periodos de fragmentación, antes y después de la silicificación. Así mismo de acuerdo con la **Figura 1** y la información geológica correspondiente a la península de Santa Elena se encuentran como miembro Santa Elena y Cayo, pertenecientes a la formación Cayo del periodo cretácico.

2.10. ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía predominante en el sector de estudio de acuerdo con Escuela Politécnica del Litoral (ESPOL) (2006), en su informe de “Geología Costera”

afirma que el sitio de estudio corresponde a la formación Cayo, perteneciente al Cretácico y ubicado en el frente septentrional desde La Puntilla hasta Libertad, la información se relaciona con Nuñez del Arco & Dugas (1986) en su informe Guía Geológica del Sudeste de la Costa Ecuatoriana define la formación como Olistolitos del miembro Guayaquil.

Figura 2

Relación estratigráfica entre formaciones de la Península de Santa Elena y Cuenca Progreso.

ERA	AÑOS	PERIODO	PENINSULA DE SANTA ELENA	LITOLOGÍA	CUENCA PROGRESO						
CUATERNARIO	25000 Años Hasta Hoy	HOLOCENO	ALUVION	Gravas, arenas y arcillas no consolidadas,	Fm. Tablazo	ALUVION 2	COLUVION 2				
	1 Millón a 25000 Años	PLEISTOCENO	Fm. TABLAZO	Arena fina a media, localmente calcárea, con gravas y conchas rotas y presencia de sal.		CUATERN SEDIMENT	COLUVION 1				
						ALUVION 1					
CENOZOICO Terciaria	12 a 1 Millón de Años	PLIOCENO			Fm. PUNA						
	25 a 12 millones de años	MIOCENO			M. BELLA VISTA	Fm. PROGRESO					
					M. PROGRESO						
					M. VILLINGOTA						
	35 a 25 Millones de Años	OLIGOCENO			M. DOS BOCAS	Fm. TOSAGUA					
					M. ZAPOTAL						
	55 A 35 MILLONES DE AÑOS	EOCENO			GRUPO ANCON	SECA	Sección Argilácea con variación faunística, lodolitas, areniscas turbidíticas y lutitas color Gujarras de Arcillas hasta 10 cm de tamaño, pulidos, redondeados, cubiertos por óxido de hierro en una matriz de arcilla verde gris	GRUPO ANCON	FM. SECA	M. ARENISCAS PUNTA ANCON	Fm. SAN EDUARDO
						M. CLAY PEBBLE BEDS			M. LUTITAS SECAS		
						SANTO TOMAS			M. SOCORRO	M. CLAY PEBBLE BEDS	
		70 A 55 MILLONES DE AÑOS			PALEOCENO	GRUPO AZUCAR	PASSAGE BEDS	Horizontes delgados de Areniscas, Limos y Arcillas	GRUPO AZUCAR		
ATLANTA			F. CHANDUY								
SAN JOSE			F. ESTANCIA								
135 a 70 MILLONES DE AÑOS	CRETACEO	M. SANTA ELENA	Fm. CAYO	Bloque Caóticos de lutitas y Areniscas Silicificadas Piedra Calcareas gris oscuro a negro, de habano a café. Lutitas calcareas, areniscas cuarzosas, conglomerados que contienen canto rodado hasta areniscas muy finas	M. GUA YAQUIL CHERT		Fm. CAYO				
		M. CAYO			M. CAYO S.S.						
					M. CALENTURA						
		PIÑON	Basaltos y Rocas Volcanicas		PIÑON						

Nota: Tomado de (Moreno-Alcívar, 2014) y (Nuñez del Arco, 2003).

2.10.1. Formación Cayo.

Formación compuesta en su mayoría por rocas de tenacidad moderada a alta y con deformación frágil, de mediana a alta densidad. Los afloramientos no muestran estructuras muy definidas sino un alto grado de contorsión, aspecto brechoso, ondulaciones y rizaduras propias de deslizamientos debido a la intensa deformación lograda durante los sucesivos deslizamientos desde la cordillera Costera; muy ocasionalmente muestran alguna estratificación, la textura original de las rocas ha sido mayormente alterada, generalmente destruidas lo que las clasifica como auténticos *cherts* (compuestos de sílice translúcidos e incoloros), se caracterizan por presentar concreciones, cordones y vetillas irregulares y en adición se puede observar la presencia regular de carbonato de calcio tanto en la matriz como en algunas vetillas en formaciones secundarias (Escuela Politecnica del Litoral (ESPOL), 2006).

En La Libertad se observa en su mayoría lutitas y conglomerados cretácicos, además que contienen intercalaciones de arcilla cizallada de pocos centímetros de espesor (Sánchez Cuadros, 2003), elude de manera general que los acantilados costeros como La Caleta y el Hotel Samarina son inestables.

2.10.2. Formación Piñón

Designada anteriormente por Wolf como Grunstein. Esencialmente una serie volcánica compuesto en su mayoría por rocas extrusivas de tipo basalto o andesita basáltica. Los afloramientos pertenecientes a esta formación son confundidos con emanaciones ígneas básicas, el espesor de la formación Piñón no ha sido determinado porque nunca ha sido encontrada su base, pero se determina aproximadamente con mil metros, su parte alta está en contacto con la formación Cayo con una superficie usualmente fallada (Nuñez del Arco & Dugas, 1986) .

2.11. MATRIZ ROCOSA

La matriz rocosa se define como bloques enteros de roca que tienen características distintivas como peso específico, deformación y su resistencia. Este agregado

sólido, formado por uno o varios minerales, se encuentra ocupando grandes extensiones de la corteza terrestre (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004).

2.12. MACIZO ROCOSO

El macizo rocoso se describe como la unión de matrices rocosas y discontinuidades. Esto le otorga un comportamiento no continuo influenciado por su entorno, generando también condiciones geomecánicas e hidráulicas particulares (Ferrer & Gonzales de Vallejo, 2007). Según Khurshid et al., (2022) el macizo rocoso es definido como una colección de cuerpo rocoso con distintas características, como discontinuidades, juntas y planos de orientación que componen una serie de propiedades físicas y mecánicas debido a su génesis, fábrica, alteración y composición mineralógica.

2.13. TALUD

Se define como una plataforma en pendiente en relación con el plano horizontal, que es asumida de forma permanente o temporal por las estructuras terrestres. Estas plataformas pueden ser creadas por el ser humano como parte de sus obras de ingeniería, mediante terraplenes o desmontes, o pueden ser formadas naturalmente, como las laderas. Además, estas plataformas pueden estar compuestas de suelos, rocas o una combinación de ambos, lo que implica una diversidad en los métodos de estudio empleados (Valiente Sanz et al., 2015). Los taludes artificiales los construye el hombre mediante cortes, excavaciones y terraplenes. La estabilidad de estos taludes depende de la altura e inclinación adecuadas, considerando las propiedades geomecánicas de los materiales y las condiciones de flujo de agua. Se encuentran en proyectos viales, presas y minas, entre otros. Por otro lado, los taludes naturales están formados por suelos residuales, coluviales y rocas, siendo propensos a la inestabilidad debido a las fuerzas gravitacionales (Mendoza Loayza, 2007).

2.14. FACTORES QUE PRODUCEN FALLAS DE ESTABILIDAD DE LADERAS Y TALUDES

Porras Zamora (2021), menciona que diversos factores pueden contribuir a la inestabilidad de laderas y taludes, lo que puede resultar en deslizamientos, desprendimientos o colapsos. El monitoreo, análisis y gestión adecuada de estos factores son fundamentales para prevenir y mitigar el riesgo de fallas en laderas y taludes. Alcántara Ayala (2000).

Tabla 1.

Factores que condicionan la estabilidad de los taludes.

Factores Condicionantes	Factores Desencadenantes
<p>Los factores condicionantes en realidad son varios, que afectan a la inestabilidad de taludes y son relativos a las características propias de la naturaleza:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Condiciones geológicas (disposiciones de los estratos con respecto a la topografía) – Condiciones hidrológicas e hidrogeológicas (Nivel freático, permeabilidad, corrientes de agua). – Características geotécnicas del terreno (suelo o roca, cohesión, ángulo de rozamiento interno). – Topografía: pendiente del talud – Condiciones climáticas: régimen de lluvia. – Actuación antrópica: diseño de talud 	<p>Son los factores que desencadenan o detonan la inestabilidad del talud y pueden ser o distinguir principalmente los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Naturales: grandes precipitaciones, deshielo, sismos, fuerte erosión. – Antrópicos: excavaciones cercanas a la parte inferior del talud (pie o base), edificaciones próximas o colocación de rellenos en la parte superior.

2.15. PARÁMETROS MECÁNICOS DEL SUELO

La mecánica de suelos es una disciplina que se basa en la aplicación de los principios de la física para estudiar las propiedades físicas del suelo y analizar el comportamiento de las masas de suelo sometidas a diferentes tipos de fuerzas, esto proporciona datos y herramientas para comprender y predecir el

comportamiento de dicha masa de suelo (Botia Diaz, 2015). El estudio del suelo y sus propiedades es fundamental en la ingeniería civil y geotecnia, ya que permite predecir y comprender el comportamiento de materiales en diversas condiciones y aplicaciones (Gutiérrez Rodríguez, 2023).

2.15.1. Ensayos de laboratorio.

Estos ensayos consisten en el estudio de las propiedades del suelo utilizando muestras que se obtienen del terreno bajo análisis. Se busca que estas muestras sean lo más representativas y preservadas posible. Los ensayos se llevan a cabo en un entorno controlado, como un laboratorio, para asegurar condiciones estandarizadas.

2.15.1.1. Granulometría.

La granulometría se refiere al análisis y examen de la distribución de tamaños de partículas en un piso o un material granular, la composición granulométrica de un suelo puede influir en sus propiedades físicas y mecánicas. Las técnicas de tamiz o el análisis de sedimentación determinan la cantidad de partículas de diferentes tamaños en una muestra. Estos datos se muestran en un diagrama de distribución granulométrica que muestra el porcentaje acumulado de partículas dependiendo de su tamaño. Conocer la granulometría del suelo sirve para el diseño y la ejecución del trabajo técnico, como la construcción o la evaluación de la capacidad de drenaje del suelo.

2.15.1.2. Ensayo granulométrico por hidrómetro.

El hidrómetro es utilizado para realizar un análisis granulométrico en el suelo fino. Consiste en un tubo de vidrio que pasa con una bola de plomo al final, lo que permite que el hidrómetro flote en una muestra líquida. Al remojar la suspensión del suelo en agua, mide la velocidad de las partículas finas existentes. A través del cálculo y los gráficos específicos, se determina la distribución del tamaño de partícula en la muestra. El uso

de hidrómetros proporciona información valiosa sobre las fracciones finas del suelo y la capacidad de retención de agua.

2.15.1.3. Límites de Atterberg.

El límite de Atterberg (límite de consistencia para suelos de grano fino) es el contenido de agua en el que cambia el comportamiento del suelo. A medida que aumenta el contenido de agua, el estado del suelo cambia de sólido rígido a sólido plástico y luego a un líquido viscoso, el índice de plasticidad correspondiente al rango de contenido de agua en el que el suelo es plástico y es utilizado para la clasificación de suelos.

2.15.1.4. Contenido de Humedad.

El contenido de humedad es una cantidad que indica el contenido de agua de un material sólido y se puede expresar sobre una base de masa húmeda o de una base de masa seca. Aunque ambas expresiones se denominan de dos maneras, la base de masa húmeda compara la masa de agua que contiene el un material solido con una masa seca, y el contenido de humedad en base de masa seca es el cociente entre la masa de agua en el material y su masa seca (Palacios Gonzalez & Reyes Villón, 2023).

2.15.1.5. Gravedad Específica.

El peso específico es una propiedad física que describe la relación entre la densidad de un material y un impermeable a cierta temperatura. El peso específico se usa en relación con suelos y materiales granulares para evaluar la calidad y la composición de las partículas fijas existentes. Se determina dividiendo la densidad de las partículas del suelo por impermeable (Triana Peña, 2023). El peso específico de las partículas sólidas puede variar según la mineralogía y la composición. Esta propiedad es importante en la tecnología geotécnica porque puede influir en el comportamiento del suelo, como su capacidad de carga y drenaje.

Además, se usa un peso específico de peso para determinar otros parámetros, como el peso y la porosidad de los pisos de la unidad.

2.15.2. Ensayos de resistencia.

2.15.2.1. Corte Directo.

La prueba de corte directo es un método con el que determina la resistencia al corte. La muestra se somete a un esfuerzo normal diferente y esfuerzo tangencial para obtener la resistencia al corte (Estrella Lima & Rueda Zapata, 2023). La prueba de corte directo permite determinar el ángulo de la fricción interna y cohesión, parámetros indispensables para evaluación de la estabilidad.

2.16. ENSAYOS GEOFÍSICOS

2.16.1. Sísmica de refracción.

El ensayo de refracción sísmica es un método de exploración geofísica que permite determinar la estratigrafía del subsuelo en forma indirecta, basándose en el cambio de las propiedades dinámicas de los materiales que lo conforman. Estos métodos se basan en la medición del tiempo de propagación de las ondas de compresión u Ondas P desde el punto de generación de las ondas sísmicas hasta varios puntos de observación. Para la medición, se colocan sensores en una línea recta a distancias predefinidas, formando lo que se conoce como tendido sísmico o línea de refracción o reflexión sísmica (Rivera Zeta et al., 2016).

En el extremo del tendido, a una distancia conocida, se generan ondas sísmicas mediante la utilización de un martillo o la detonación controlada de explosivos. Estas ondas inducen vibraciones en el terreno, detectadas por cada sensor ubicado a lo largo del tendido. Mediante la medición de los tiempos de llegada de las ondas sísmicas en los diferentes sensores, es posible obtener información sobre las propiedades subsuperficiales del terreno, como la velocidad de propagación de las ondas y las interfaces entre diferentes capas geológicas.

2.17. VELOCIDAD DE CORTE

2.17.1.1. Onda P.

Las ondas P, son ondas sísmicas que se desplazan longitudinalmente a través de materiales como las rocas, se utilizan en el campo geotécnico para calcular su velocidad. Esta medición ayuda a extraer información valiosa sobre las propiedades mecánicas y la calidad de las masas rocosas (Etchegoyen, 2022). La velocidad de las ondas P está relacionada con la densidad y la rigidez de la piedra, así como con la presencia de grietas y discontinuidades. Utilizando técnicas como los ultrasonidos o el análisis de registros sísmicos, pueden obtenerse mediciones de las ondas P y recopilarse datos relacionados con la resistencia, la integridad y el comportamiento de la roca bajo vibraciones y cargas. Los ingenieros utilizan estas mediciones para evaluar la calidad y estabilidad de los macizos rocosos y planificar proyectos como obras subterráneas, túneles y excavaciones que impliquen roca.

2.18. PARÁMETROS MECÁNICOS DE LA ROCA

2.18.1. Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos.

Las clasificaciones geomecánicas tienen como objetivo estimar los valores de calidad y resistencia del macizo rocoso para las diferentes obras civiles en su etapa constructiva. Actualmente, los sistemas de clasificación geomecánica son empleados de forma general en la ingeniería para hacer una primera predicción del comportamiento de los macizos rocosos frente a excavaciones y también a cielo abierto (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004). Existen diversos sistemas para caracterizar y clasificar los macizos rocosos. En la tabla 2 se catalogan los principales sistemas de clasificación:

Tabla 2*Sistemas de clasificación de la masa rocosa.*

CLASIFICACIÓN DE LA MASA ROCOSA	ORIGINADO POR	PAÍS DE ORIGEN	ÁREAS DE APLICACIÓN
Designación de la calidad de la roca (RQD)	Deere y otros, 1967	Estados Unidos	Registro de núcleos, tunelización
Clasificación de la masa de la roca (RMR)	Bieniawski, 1973 última modificación 1989	Sudáfrica	Túneles, minas, (taludes, cimientos)
Calidad de la masa de la Roca (Q)	Túneles, minas, (taludes, cimientos)	Noruega	Túneles, minas, (taludes, cimientos)
Clasificación geotécnica básica	ISRM, 1981	Internacional	General
Índice de resistencia geológica (GSI)	Hoek y Brown, 1997	Cánada	Todas las excavaciones subterráneas

2.19. SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN

2.19.1. Rock Mass Rating (RMR).

La calificación del macizo rocoso (RMR) es un sistema utilizado para evaluar la calidad y la estabilidad de la masa de roca. Se usa en ingeniería geotécnica para determinar el nivel de dificultades de masa de las rocas para la excavación y el diseño de estructuras subterráneas. RMR tiene en cuenta varios factores, como la resistencia a la piedra, la calidad de la roca, la presencia de fracturas, la orientación de los campos de debilidades y condiciones subterráneas del agua. Los puntos se asignan a cada factor, y al agregar puntajes, se obtiene el valor que representa el RMR. Cuanto mayor sea la RMR, mejor será la calidad y la estabilidad de la masa de rocas, lo que implica un menor riesgo y la posibilidad de un mayor éxito en la excavación y el trabajo subterráneo (Hamasur, 2023).

2.19.2. Rock Quality Designation (RQD).

La designación de la calidad de roca (RQD) es un parámetro utilizado para evaluar la calidad e integridad del lecho de roca. Esto se basa en una cantidad

continua e intacta de núcleos, superiores a 10 cm en un perforador. RQD se usa para determinar la carga y la deformación. Los altos valores de RQD indican rocas de alta calidad con una pequeña cantidad de fracturas e intensidad, lo que lleva a la magnitud de la resistencia y la estabilidad RQD bajo, indica rocas de baja calidad, tiene una gran fractura estructural que puede reducir la resistencia y la estabilidad (Akimov et al., 2023) . Esta técnica se utiliza para diseñar una estructura de roca como túneles, cimientos y pendientes, para evaluar los riesgos geológicos y tomar decisiones apropiadas sobre para la excavación.

2.19.3. Q Barton.

Es un sistema de clasificación utilizado en ingeniería geotécnica para evaluar la calidad del macizo rocoso, desarrollado por Barton y basado en la cantidad y el tamaño de las fracturas en la roca, así como en el cambio y disponibilidad de agua subterránea. El sistema asigna el valor a cada parámetro y, agregando valores, se obtiene el valor de Q Barton. Un valor de Q elevado indica una roca de buena calidad, con fracturas y debilidades más pequeñas, lo que implica una mayor estabilidad. Por otro lado, un nivel bajo señala una piedra de baja calidad con una gran cantidad de fracturas y debilidades, lo que puede afectar la resistencia y la estabilidad de la masa. Q Barton se usa en el diseño sostenimientos para túneles y cavernas subterráneas, lo que le permite evaluar y predecir los problemas geotécnicos asociados con la roca.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El tipo y nivel de investigación son las primeras consideraciones que el investigador debe determinar para el diseño metodológico que permitirá el estudio y valoración de las variables de estudio. De modo que, una investigación de tipo aplicada requerirá de un diseño experimental para la obtención de resultados, a diferencia de una investigación pura o básica que precisará de diseños no experimentales y enfoques cualitativos o mixtos.

3.1.1. Tipo de investigación.

La investigación es aplicada porque se orienta a dar soluciones en base a los conocimientos y teorías puras desarrolladas por otros autores para aportar de manera práctica a la solución de algún problema latente en la sociedad. En términos de Nieto, (2018) este tipo de estudio está orientado a resolver problemas presentados en procesos de: producción, distribución, circulación y consumo de bienes y servicios, con el fin de mejorar, perfeccionar y optimizar el funcionamiento de estas en la actividad humana. Al respecto, Ñaupas Paitán (2014) establece que este análisis no se presta para calificaciones de verdadero, falso o probable, sino a la de eficiente, deficiente, ineficiente, eficaz o ineficaz.

Para el presente estudio se busca a través de este tipo de investigación, aplicar las teorías puras existentes sobre dinámica costera, geotecnia, geofísica y ciencias ambientales para la obtención de resultados para la descripción del macizo rocoso y análisis de estabilidad de taludes, en el análisis del oleaje y e descripción del fenómeno de precipitaciones, velocidad y dirección del viento. Estas ciencias confluyen para comprender el grado de incidencia de los fenómenos ambientales en la estabilidad del macizo rocoso y como afecta a las construcciones aledañas.

3.1.2. Nivel de investigación.

De acuerdo con Sanchez Carlessi & Reyes Meza (2015) la presente investigación comprende un estudio de nivel explicativo o de comprobación de hipótesis causales, orientados a buscar un nivel de explicación científica que permita la predicción mediante el desarrollo de investigaciones experimentales y tecnológicas. Para este tipo de estudio se exige el empleo de métodos y diseños válidos de investigación.

En la investigación, las variables tienen relación causal, siendo la variable independiente parámetros geotécnicos del macizo rocoso, un indicador que determina la variable dependiente que conformaría la estabilidad del macizo rocoso donde se cimenta el hotel Samarina. Los resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de la investigación.

3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El método, enfoque y diseño de la investigación orientan al investigador para el logro de sus objetivos estableciendo métodos de análisis que se ajusten con el diseño de investigación propuesto. El enfoque permite establecer los parámetros de medición de las variables de estudio, se distinguen tres tipos de enfoque; cualitativo, cuantitativo y mixto.

3.2.1. Método.

Se ha empleado el método hipotético deductivo para analizar el talud acantilado, porque desde la generación de hipótesis se busca describir el fenómeno de manera teórica, analizando diferentes variables y mediante la observación y la experimentación realizar inferencias que permitan deducirlo. Al respecto, Rodríguez Jiménez & Pérez Jacinto (2017) refieren que la hipótesis parte de principios, reglas, leyes o son sugeridas por información de tipo empírica que requiere ser comprobada, sometiendo a verificación y su correlación con hechos. En la zona de estudio, para describir el fenómeno de la dinámica costera y

la estabilidad del talud que soporta el edificio Samarina se han establecido hipótesis conforme a lo que se espera que suceda teóricamente, dichas hipótesis serán contrastadas mediante el análisis de variables geomecánicas, hidráulicas y meteorológicas a través de un diseño experimental que permita deducir el mecanismo de acción de los factores ambientales en la estabilidad del talud.

3.2.2. Enfoque.

El estudio es de enfoque mixto, porque se evalúan variables cualitativas y cuantitativas. Las variables cualitativas se emplean en la descripción visual del macizo rocoso que permitirá obtener características físicas necesarias para su clasificación. Las variables cuantitativas son el resultado de ensayos experimentales y recolección de datos para el análisis individual de las variables geomecánicas, hidráulicas y meteorológicas (Rodríguez Castellanos et al., 2013).

3.2.3. Diseño de la investigación.

Esta investigación es de diseño experimental porque el análisis de las variables se realizará mediante la aplicación de procesos experimentales para obtener las características del macizo rocoso, conocer la velocidad de onda sísmica. La investigación es de diseño experimental como lo refiere, en esta clase de estudios el investigador desea comprobar los efectos de una intervención específica, donde, el investigador mantiene un papel activo durante el desarrollo de la investigación (Vásquez Hidalgo, 2016). La experimentación de la investigación esta precedida por la toma de muestras en campo y ensayos de laboratorio en el sector de estudio.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

La identificación y delimitación de la población de estudio permite al investigador evaluar el comportamiento y plantear hipótesis para comprender la realidad del fenómeno. Estas hipótesis posteriormente son medidas y contrastadas a través de una muestra que recoja las características esenciales observadas en la población para esto es necesario el empleo de técnicas de muestreo que permitan seleccionar muestras representativas para el análisis.

3.3.1. Población.

Hernández Sampieri & Mendoza Torres, (2018) refiere que la población de estudio es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra, y que cumple con una serie de criterios predeterminados. En el caso de estudio el universo a estudiar son los acantilado coteros de la península de Santa Elena.

3.3.2. Muestra.

Hernández Sampieri & Mendoza Torres, (2018) describe a la muestra como un subgrupo de la población de interés sobre el que se recolectarán datos, que debe definirse y delimitarse con precisión y representarla. El investigador pretende que los resultados encontrados en la muestra se generalicen o extrapolen a la población (en el sentido de la validez externa que se comentó al hablar de experimentos). En esta investigación la muestra a estudiar corresponde al perfil acantilado ubicado en Samarina, La Libertad.

3.3.3. Muestreo.

En este estudio se emplearon dos tipos de muestras correspondientes a muestras de suelo y roca, que sirven de base para el conocimiento de las características físicas y mecánicas que componen el macizo rocoso de Samarina.

3.4. UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO

El sector de estudio corresponde al lugar específico donde se desarrollará la investigación, representa un espacio físico delimitado en el que se analizan variables para comprender la realidad a través de diseños experimentales.

3.4.1. Levantamiento Topográfico.

Para el análisis topográfico del terreno se utilizan dos métodos, el levantamiento con estación total y técnicas de fotogrametría con UVA Drone,

presentando dos modelos, bidimensional y tridimensional, las cuales mediante correlación y foto referenciación brindan un modelado del terreno.

3.4.1.1. Levantamiento.

Según el ámbito topográfico, el término “levantamiento” se refiere a la captura de datos de un objeto, lugar y su representación gráfica en dos y tres dimensiones o mediante un sistema de proyección. El sistema acotado se destaca como el enfoque más común para la representación final. Debido a que los resultados del levantamiento nos permiten adquirir un mayor entendimiento a nuestro entorno se puede considerar como un método de investigación (Buill et al., 2007).

3.4.1.2. Fotogrametría.

La fotogrametría es la técnica de medir tanto la forma como la ubicación de un objeto o lugar fotografías utilizando el mismo. Se suelen utilizar fotografías, especialmente tomadas desde el aire, para hacer mediciones, investigaciones y analizar el contenido de las imágenes, denominada fotointerpretación. En el campo de la geografía, la geología, la vegetación y la investigación arqueológica, la fotogrametría se ha convertido en una herramienta de gran importancia para llevar a cabo dichas investigaciones (Lehmann, 1975). La zona de estudio corresponde a 1 km de acantilado costero situado bajo las instalaciones del edificio Samarina perteneciente al cantón La Libertad, provincia de Santa Elena. Se resumen las coordenadas UTM de la zona de estudio en la Tabla 3.

Tabla 3

Coordenadas UTM del sector de estudio.

Punto.	Norte	Este
1	509031.9068	9754742.8591
2	508986.9085	9754622.8959
3	509137.0409	9754725.8516
4	509086.3093	9754593.1400

Nota. Datos obtenidos de levantamiento topográfico.

Figura 3

Perfil Acantilado objeto de estudio.



Nota: Tomado de Google Earth, 2021

3.5. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

La metodología empleada para el desarrollo de esta investigación esta precedida por cuatro procesos diferenciados que comprenden las actividades necesarias para el alcance de los objetivos delimitados en este estudio. La primera etapa del estudio comprende las actividades preliminares esenciales que permitirán el cumplimiento de cada de uno de los objetivos subsiguientes, las actividades principales de esta fase consistieron en; i) reconocimiento de la geología del sector de estudio, ii) levantamiento topográfico y iii) medición estructural de las diaclasas observadas en el talud objeto de estudio.

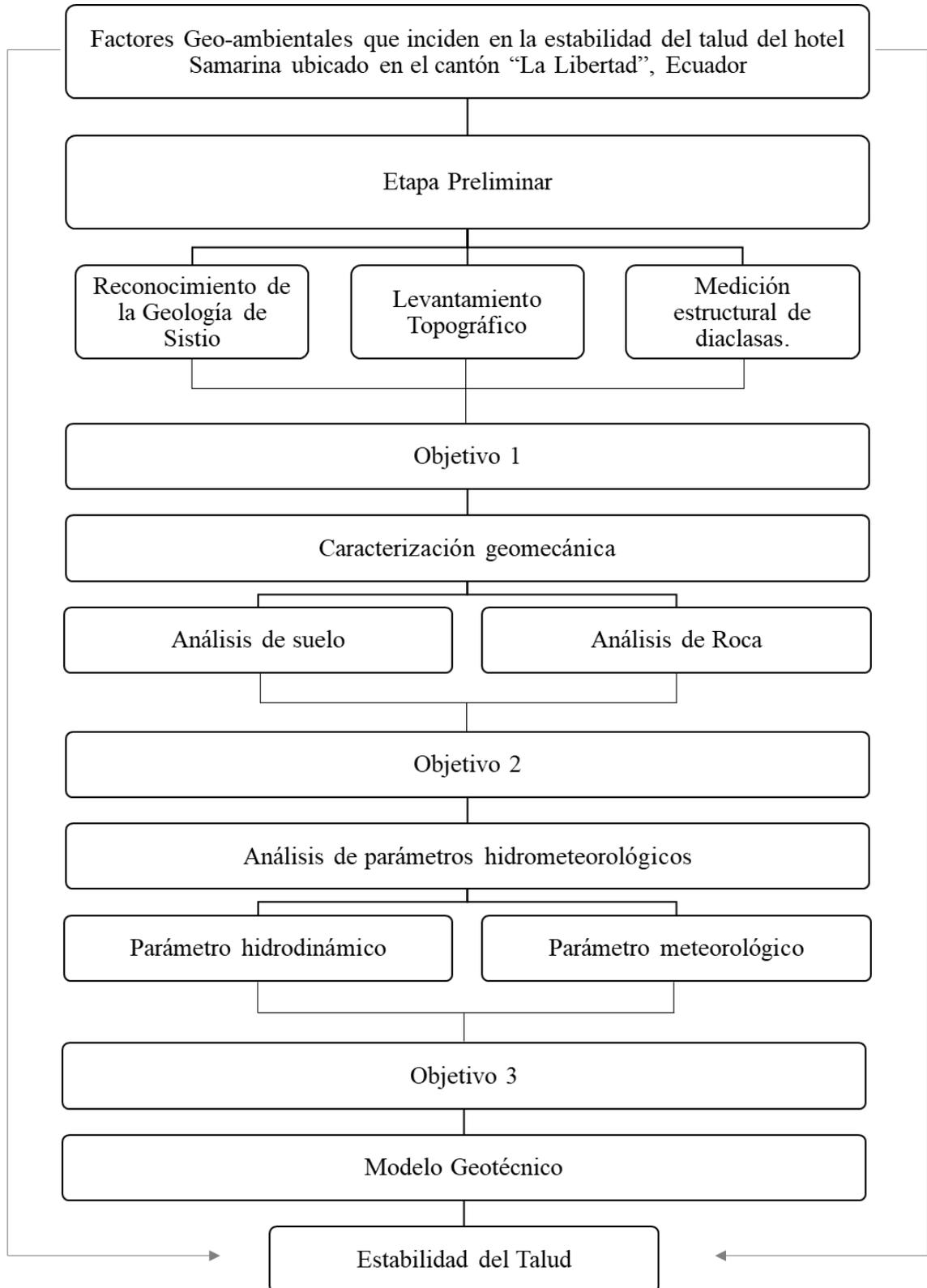
A partir del reconocimiento geológico del sitio y el levantamiento topográfico se seleccionaron puntos de muestreo estratégicos para el desarrollo del objetivo 1 que corresponde a la caracterización geomecánica del talud, debido a la naturaleza litológica inherente a la zona abordada se realizaron análisis de suelo y roca para la determinación de sus propiedades mecánicas y de resistencia, además, se obtuvo una valoración cuantitativa de la calidad de la roca con el análisis de roca. Estos estudios sentaron las bases para el entendimiento de la relación entre la composición de la estructura interna del talud y su estabilidad.

Los estudios anteriores permitieron evaluar otros factores que afectan la estabilidad del talud, como lo es el ambiente propio de la zona de estudio. Los factores de mayor incidencia se engloban como parámetros hidrodinámicos y meteorológicos, así que el segundo objetivo de investigación consiste en medir cuantitativamente el grado de afectación mediante el análisis individual de los parámetros identificados.

La comprensión global de la incidencia de los factores ambientales y la composición de la estructura interna permiten realizar inferencias sobre el estado actual del talud objeto de estudio y como la continua exposición de estas dos variables afectan la estabilidad del talud. Para ello, como indica el objetivo 3 se requiere de un estudio específico con modelamientos en software, donde se combinen parámetros geotécnicos y geo sísmicos para cuantificar la inestabilidad y mitigar los impactos asociados. En la figura 4 se describe la metodología a emplear para el desarrollo de esta investigación.

Figura 4.

Descripción metodológica de la investigación.



3.6. METODOLOGIA DEL OE.1: DETERMINAR CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y LA CALIDAD DE LA ROCA DEL TALUD, MEDIANTE ENSAYOS DE LABORATORIO, ENSAYOS GEOFÍSICOS Y MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN DE MASA ROCOSA PARA OBTENER PARÁMETROS GEO MECÁNICOS DEL TALUD.

Para el análisis geo mecánico del talud acantilado se realizaron estudios preliminares para el reconocimiento de la geología del sitio, que comprenden; la medición de discontinuidades (dirección de los estratos, diaclasas y fallas geológicas), para la obtención de parámetros geológicos esenciales para el diseño de la estabilidad del talud. A tal efecto, se delimitó la unidad litológica predominante en el sitio y se midieron datos estructurales empleando la brújula Geo – Brunton para luego ser analizadas en proyección estereográfica en falsilla Wulff con software Dips de Rocsciencs para determinar posibles deslizamientos.

Seguidamente, se llevaron a cabo estudios geotécnicos de suelo y roca para la caracterización de las propiedades mecánicas y de resistencia del talud acantilado en conjunto con estudios geofísicos para la determinación del tipo de suelo y la obtención de parámetros sísmicos V_p y UCS necesarios para el modelamiento del talud.

3.6.1. Estudio geotécnico.

El estudio geotécnico es un análisis de las propiedades mecánicas del suelo realizado en laboratorios especializados necesario para la toma de decisiones en diversas obras de ingeniería.

3.6.1.1. Análisis de Suelo.

Para el análisis de suelo se recolectaron dos muestras de suelo de la parte lateral del talud que fueron etiquetadas y cuidadosamente empaquetadas con papel film para evitar la pérdida del contenido de humedad natural de las

muestras obtenidas. Posteriormente, fueron llevadas al laboratorio de suelos, hormigón y asfalto de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE) para ser examinadas mediante ensayos de laboratorio propuestos y normados por la American Society for Testing and Materials (ASTM International). Las pruebas realizadas para la obtención de las propiedades mecánicas y de resistencia del suelo consistieron en ensayos de contenidos de humedad, límites de Atterberg, granulometría, doble hidrómetro, gravedad específica y corte directo.

3.6.1.2. Contenido de Humedad.

El contenido de humedad de las muestras de suelo se obtuvo de la diferencia del peso inicial de la muestra con el peso de la muestra después de secado en horno y luego se ponderó su resultado expresado en porcentaje.

3.6.1.3. Límites de Atterberg.

Los límites de Atterberg se realizaron siguiendo los procedimientos especificados por ASTM, se obtuvieron los resultados del límite líquido y límite plástico. El límite líquido se calculó colocando una muestra de suelo en la cuchara de Casagrande y formando un surco en la mitad, agregando líquido para cerrar el surco con 25 golpes aproximadamente. Para la determinación del límite plástico se realizaron muestras de cilindros de 3mm de diámetro formados con los dedos y rodados frente a una superficie lisa hasta presentar agrietamiento.

3.6.1.4. Granulometría.

La distribución granulométrica de las partículas se realizó mediante tamizado, las muestras de suelo obtenidas previamente lavadas y secadas fueron introducidas en una serie de tamices que va desde el N°4 hasta el N°200, cuya abertura se va reduciendo consecutivamente.

3.6.1.5. Doble Hidrómetro.

Este ensayo se realizó siguiendo los procedimientos establecidos en la normativa ASTM determinando la dispersión de las partículas finas. Para el cumplimiento de ensayo, se colocaron muestras de suelo pasantes del tamiz # 200 dentro de un cilindro de sedimentación y se añadió un agente dispersor para evitar la floculación. Al final de este procedimiento se observaron las partículas que fueron asentadas y se ponderó el porcentaje de dispersión de las partículas finas.

3.6.1.6. Gravedad Específica.

Este ensayo se realizó siguiendo la normativa ASTM D 584 con la intención de medir la relación existen entre los pesos de los sólidos y el peso del agua, para esto, las muestras fueron previamente tamizadas con el tamiz N°4 y luego fueron introducidas en un picnómetro previamente pasado y llenado con agua hasta rebasar la marca de calibración del picnómetro previamente pesado. Luego, se determina la temperatura del agua y se aplicaron correcciones de los pesos por agua y temperatura. Finalmente, la muestra recuperada se secó en el horno y se obtuvo su peso seco en aire.

3.6.1.7. Corte Directo.

Este ensayo se realizó siguiendo la normativa ASTM, el procedimiento del ensayo de corte directo implica la preparación de una muestra de suelo cilíndrica con dimensiones específicas. Esta muestra se coloca en una caja de corte en el equipo de ensayo. La caja de corte tiene dos mitades separables que se mantienen unidas mediante pernos o abrazaderas. Antes de realizar el ensayo, se aplica una presión normal constante sobre la muestra de suelo para simular las condiciones de carga en el terreno. Luego, se aplica una fuerza tangencial o de corte a la muestra a una velocidad constante y se registra la carga y el desplazamiento correspondientes. Durante el ensayo, se mide la resistencia al corte del

suelo en función de la carga aplicada y el desplazamiento relativo entre las mitades de la muestra. Estos datos se utilizan para trazar una curva de esfuerzo-deformación que muestra la relación entre la resistencia al corte y la deformación del suelo.

3.6.1.8. Análisis de Roca.

Este estudio se realizó siguiendo el criterio de valoración RMR de Bieniawski para conocer la calidad del macizo rocoso, para este propósito, se emplearon fichas descriptivas utilizadas en campo en el que se anotaron las principales características del macizo para luego calificar conforme a los criterios especificados. Para este estudio fue necesario realizar 3 salidas a campo en acompañamiento de personal calificado, además, se obtuvieron muestras de roca.

3.6.1.9. Ensayos Geofísicos.

a. Ensayo de refracción sísmica.

Con la intención de obtener el tipo de suelo de la zona de estudio a profundidades mayores determinó la frecuencia de vibración del suelo empleando un sismómetro triaxial de banda ancha que permitió grabar el ruido sísmico ambiental. De este modo, lograr identificar los modos de vibración del suelo para estimar el espesor de las capas de suelo con la frecuencia (F_0) y la velocidad de ondas sísmicas (V_s). Este ensayo se realizó en acompañamiento de un equipo técnico multidisciplinar bajo a la directriz del Dr Kervin Chunga y el Geofísico René Ochoa.

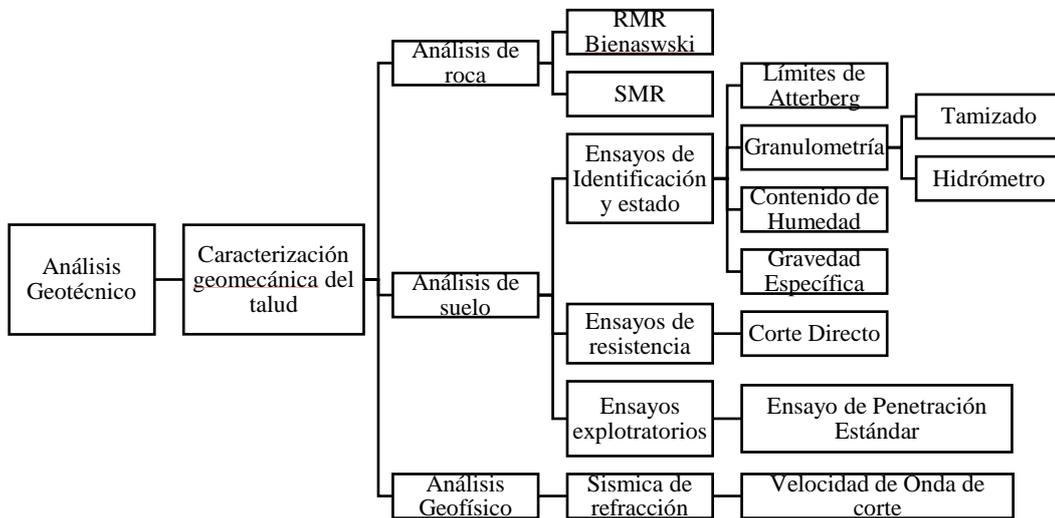
El análisis espectral de ondas superficiales de baja frecuencia del tipo Rayleigh se transmiten por la superficie del terreno cuyo rango de profundidad es proporcional a la longitud de onda y permite mediante el método de análisis multicanal de micro tremores (MAM) y el Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) con la aplicación de software

y proceso de inversión obtener velocidades de las ondas de corte V_s los cuales se categorizan o clasifican de acuerdo.

Posteriormente se realizó una evaluación del perfil obtenido de V_s para analizar cuantitativamente las velocidades del subsuelo con la intención de obtener el promedio ponderado de la velocidad de onda de corte a los primeros 30 metros. Luego, se empleó la norma ecuatoriana de la construcción NEC 2015 para la clasificación del tipo de suelo en función de los valores de V_s . En adición, se realizó un análisis de las velocidades sísmicas para generar una sección de subsuelo con la distribución de magnitudes de resistencia de compresión uniaxial (UCS), para este cálculo se emplearon ecuaciones empíricas como la propuesta por Aitindag (2012). Tras las correcciones sugeridas por el autor, se forma un perfil de suelo en el que cada estrato se interpretará según los valores de velocidad de cortante de onda sísmica y la compresión uniaxial. La figura 5. resume el proceso metodológico a emplear para el cumplimiento de este objetivo.

Figura 5

Organigrama metodológico para Análisis Geotécnico.



3.7. METODOLOGIA DEL OE.2: ANALIZAR PARÁMETROS HIDROMETEREOLÓGICOS MEDIANTE ESTUDIO MAREAS, PRECIPITACIONES Y VIENTO PARA DETERMINAR SU INFLUENCIA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD

La segunda parte del análisis comprende el estudio de la incidencia del ambiente en la estabilidad del talud, mediante una revisión documental exhaustiva se determinó que los factores ambientales que causan mayor impacto en el talud corresponden a los de naturaleza hidrometeorológica. Al respecto, Alonso (2004) refiere que, para analizar las causas que intervienen en el modelamiento aislado o combinado de los diferentes medios costeros rocosos y sedimentarios deben analizarse los diversos factores contribuyentes como casos aislados, separando los agentes energéticos correspondientes a vientos, corrientes costeras, oleaje, mareas y precipitaciones actuantes en corto plazo de los factores contribuyentes a largo plazo, como la dinámica cortical, aporte sedimentario e impactos antrópicos directos o indirectos. Por tanto, el análisis hidrometeorológico del sector de estudio se abordó considerando dos parámetros principales que corresponden a parámetros hidrodinámicos y meteorológicos. El indicador hidrodinámico se estudió mediante la medición de la afectación del oleaje y el segundo indicador consideró las variables vientos y precipitaciones como objeto de medición. Para cada variable de estudio se empleó una metodología diferente que permitiese evaluar su influencia en la estabilidad del talud acantilado.

3.7.1. Parámetro Hidrodinámico.

Las corrientes costeras, el oleaje y las mareas son agentes naturales que modifican las costas a corto y largo plazo, la energía de estos procesos incide en el balance del aporte sedimentario y la inestabilidad de los acantilados marinos.

3.7.1.1. Oleaje.

Para el análisis del parámetro hidrodinámico que tiene como variable el oleaje se estudiaron dos características fundamentales; la altura y dirección de la ola durante un periodo de estudio correspondiente a 11 meses desde junio de 2022 hasta mayo 2023. Los datos de este registro se obtuvieron de la plataforma europea Copernicus, que, ofrece una variedad de datos y registros históricos a nivel global de factores ambientales, siendo su objetivo de estudio principal el análisis de los factores ambientales en costa. Continuando con la descripción, se registró la altura y dirección de la ola cada tres horas diariamente durante el periodo de estudio especificado. Con la obtención de estos datos se ponderó el promedio diario de la altura y dirección de la ola para luego procesar los datos en el software estadístico Minitab v19, de donde se obtuvieron los valores máximos, medios y mínimos de la altura y dirección de la ola, además, también se obtuvo una gráfica de serie de tiempo en el que se observan cada uno de los datos obtenidos de la plataforma Copernicus con relación a estas dos variables.

3.7.2. Parámetro Meteorológico.

El parámetro meteorológico se estudió analizando dos variables; vientos y precipitaciones. Para medir la incidencia de estas variables en la estabilidad del talud acantilado fue necesario el empleo de dos metodologías diferenciadas, por un lado, se realizaron registros de los indicadores de viento y para las precipitaciones fue necesario un análisis estadístico Gumbell de eventos máximos.

3.7.2.1. Vientos.

El análisis de esta variable se realizó registrando los datos de velocidad y dirección del viento de la plataforma Copernicus, diariamente cada tres horas durante 11 meses desde junio 2022 hasta mayo 2023. Estos datos se compilaron en un libro de Excel para obtener el valor promedio diario de cada indicador y luego realizar un análisis estadístico en el software

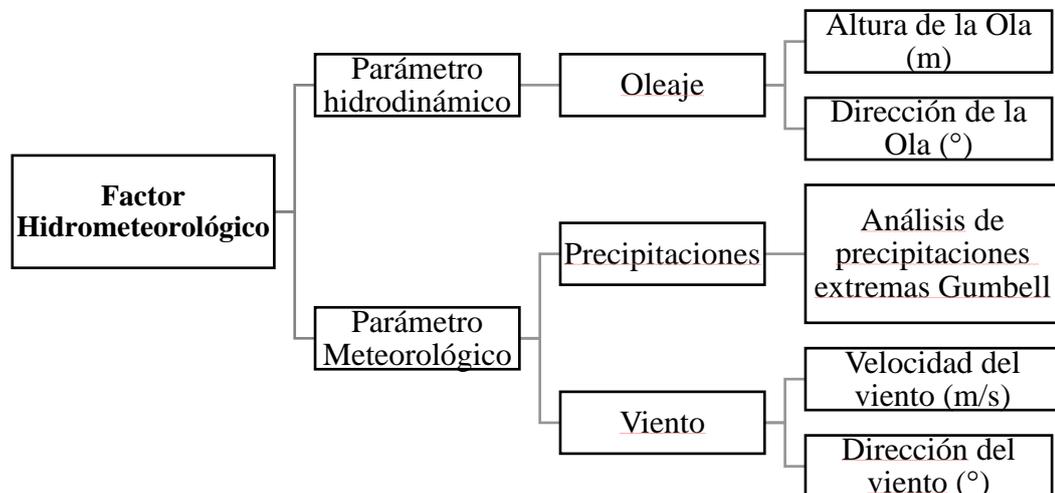
Minitab v19 para obtener los valores máximos, medios y mínimos de la velocidad y dirección del viento. Además, con el mismo software se obtuvo una gráfica de serie de tiempo en el que se visualizan los datos registrados durante el periodo de estudio.

3.7.2.2. *Precipitaciones.*

El análisis de la variable “precipitaciones” tuvo como finalidad evaluar la incidencia de las precipitaciones máximas en la estabilidad del talud mediante un análisis estadístico Gumbell (1943). Para ello, se registraron datos históricos lo suficientemente robustos para predicción de las precipitaciones. Estos datos fueron solicitados mediante escrito formal al instituto oceanográfico de la armada INOCAR, organismo, que remitió el registro de precipitaciones máximas a 24 horas desde el 1 de enero 2010 al 10 de diciembre del 2021 obtenidas de la estación SUINLI. Estos datos fueron procesados en una hoja de cálculo de Excel y siguiendo la metodología de Gumbell (1943) se evalúan los datos para conocer las predicciones de las precipitaciones a diferentes tiempos de retorno. La obtención de estos datos es fundamental porque consecutivamente se valoró la probabilidad a deslizamiento mediante criterio Mora Vharson (1994). La figura 6 resume las variables y metodología de estudio del objetivo 2.

Figura 6

Organigrama metodológico para Análisis del factor Hidrometeorológico.



3.8. METODOLOGIA DEL OE3: DETERMINAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD MEDIANTE EL DISEÑO DE UN MODELO GEOTÉCNICO GEO SÍSMICO PARA EL RECONOCIMIENTO DE PUNTOS CRÍTICOS.

La estabilidad del talud se determinó mediante un análisis cinemático. La primera etapa de este análisis consistió en valorar mediante la identificación geológica y geomecánica de sector de estudio las características litológicas del suelo y resistencia mecánica. La segunda fase consistió en la identificación de planos de discontinuidad para esto se tomaron medidas del rango y buzamiento, descripción de diaclasas, fallas en cuña y planares. Posterior a este registro en campo, se procesaron todos los datos obtenidos en el software de modelamiento geotécnico Dips de Rocscience, este software ofrece una delimitación de la línea de falla formada en correspondencia al tipo de falla evaluado en el sector y las mediciones de rango y buzamiento, además, ofrece una visualización del plano de falla logrando apreciar con mayor detalle la susceptibilidad al deslizamiento y el tipo de volcamiento del talud. Finalmente, del procesamiento de datos realizado se obtiene el factor de seguridad y probabilidad de deslizamiento del talud. La figura 7 condensa el proceso metodológico llevado a cabo para el cumplimiento del objetivo específico 3.

Figura 7

Organigrama metodológico para Análisis de estabilidad del talud.

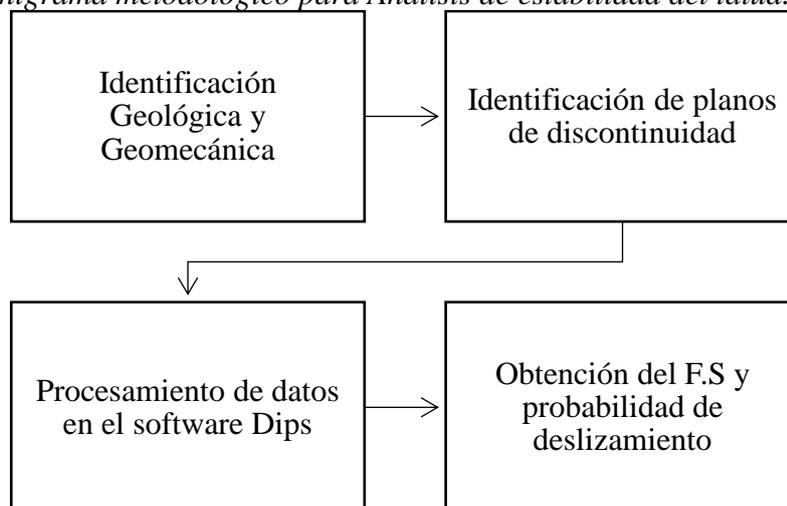


Tabla 4.

Cuadro de operacionalización de la variable independiente.

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida				
Variable Independiente:	<i>Factor Hidrometeorológico</i>	Analizar la incidencia de las variables precipitaciones, vientos y oleaje en la inestabilidad del talud	Obtención de datos mediante plataforma Copernicus	Análisis de precipitaciones	Duración	Horas			
					Intensidad	Mm			
					Frecuencia	días			
				Riesgo Deslizamiento	Criterio Mora Vharson	Adimensional			
				Análisis del viento	Velocidad	m/s			
					Dirección	°			
				Análisis de oleaje	Altura máxima de la ola	m			
					Dirección del oleaje	°			
				<i>Factores geomecánicos</i>	Características mecánicas del suelo	Análisis de los parámetros mecánicos del suelo.	Límites de Atterberg		%
							Granulometría		%
Contenido de humedad	Ensayos de laboratorio normados por ASTM	%							
Gravedad Específica		Adimensional							
Angulo de Fricción		°							
Cohesión		Kg/cm ²							
Características del macizo rocoso	Análisis de calidad de la roca	Sistemas de Clasificación de la calidad de la roca	RMR					%	
			Q. Barton		%				

Tabla 5.*Cuadro de operacionalización de la variable dependiente.*

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	
Variable Dependiente:	<i>Estabilidad del talud</i>	Un talud es una masa de suelo inclinada que se encuentra afectada por fenómenos ambientales y antrópicos.	Evaluar la estabilidad del talud objeto de estudio mediante modelamientos geotécnicos en el software Dips de Rocscience.	Modelamiento geotécnico	F. S Probabilidad de deslizamiento	Adimensional %

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. FASE PRELIMINAR

Para el reconocimiento del sitio se realizó una exploración en campo con un equipo interdisciplinar. La revisión geológica del sitio, de acuerdo con las características de la roca y revisión de mapas geológicos de la provincia de Santa Elena corresponde a la Formación Cayo. Dentro del predio se pueden delimitar 7 puntos que corresponden a afloramientos, sitios estratégicos para muestreo y exploraciones geotécnicas y geofísicas, los marcadores delimitados se presentan en la tabla 1 y se representan de manera gráfica en la figura 7.

Figura 8.

Implantación de la zona de estudio.



Tabla 6.

Ubicación de marcadores área de estudio.

Punto	COORDENADAS UTM WGS 84	
	N.	E.
P1	9754734.324	508995.759
P2	9754771.443	509079.239
P3	9754737.841	509132.494
P4	9754727.887	509038.392
P5	9754694.040	509066.540
P6	9754748.922	509064.407
P7	9754644.942	509075.303

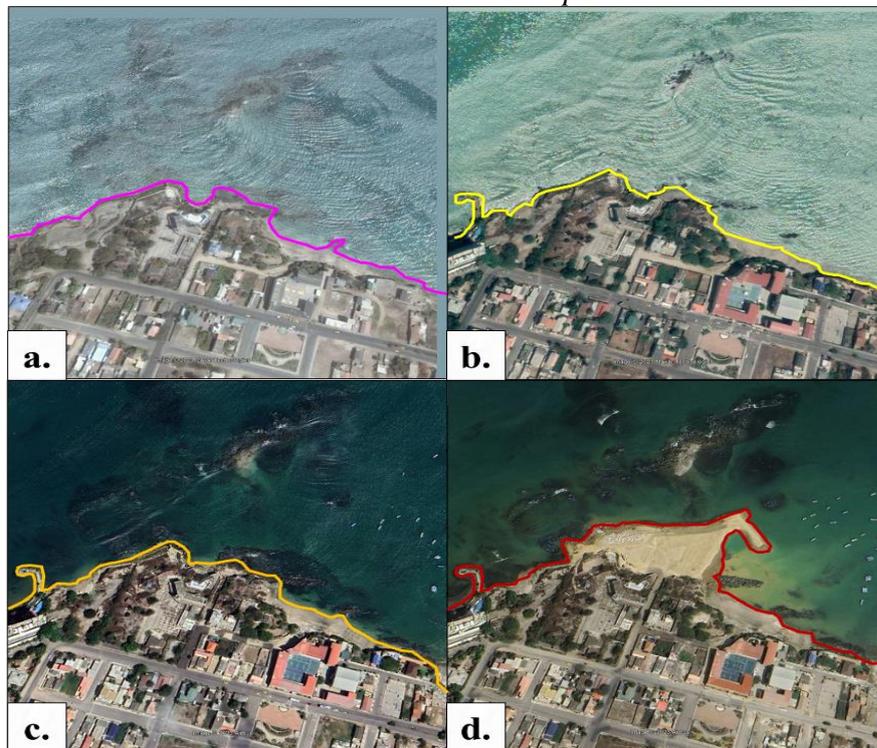
Los levantamientos topográficos incluyen un levantamiento con estación total y con Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV-Drone) que presenta: modelo bidimensional, tridimensional y fotos laterales del área de estudio considerada: el hotel Samarina, escolleras correspondientes a la construcción de la Obra de Protección del Litoral Costero de La Libertad y los taludes extendidos desde el sector Puerto Lucía a Campus Samarina.

4.1.1. Modificaciones del Área de estudio.

Para el análisis de los cambios en el área de estudio se extrajeron imágenes del archivo histórico de Google Maps. Las fotografías satelitales mostraron la zona de estudio en diferentes períodos de tiempo. Al comparar las imágenes obtenidas en distintas fechas, se pudo observar claramente cómo la topografía y la línea de costa han experimentado modificaciones a lo largo del tiempo.

Figura 9.

Modificación de la línea de costa a través del tiempo.



Nota: Fotografías obtenidas del archivo histórico de Google Earth correspondientes a los años (a) 2006 (b) 2021 (c) 2022 y (d) 2023.

Los perfiles demuestran un sinnúmero de alteraciones al relieve, en la foto correspondiente al año 2023 se puede observar la plataforma en construcción de la Obra de Protección del Litoral. La modificación de la línea del litoral por la obra de protección costera comprende un sinnúmero de modificaciones al medio.

Figura 10.

Vista Isométrica de modificación de la línea de costa por obra de protección del litoral.



(a). *Fotografía 360° tomada de Google Maps Photo Sphere (Rodríguez, 2021).*

(b) *Fotomontaje de Modelo Tridimensional generado por Drone.*

4.1.2. Fotogrametría.

Cómo resultado del vuelo a una altura de 60 metros de un Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV-Drone) mediante el uso de modelos digitales de elevación (DEM) y técnicas de fotogrametría procesados en el software Drone Deploy se obtienen como productos: modelo bidimensional y tridimensional del área de estudio.

4.1.2.1. Modelo Bidimensional.

El modelo bidimensional proporciona información cartográfica detallada y precisa del área del proyecto, el producto es una Ortofoto, ortomosaico u ortofotografía, una imagen aérea corregida geoméricamente para eliminar distorsiones y altitud de la cámara, proporciona una vista georreferenciada y precisa de la superficie terrestre, con una perspectiva ortogonal similar a la vista desde arriba. Esta imagen se utilizar para realizar mediciones y

análisis precisos de características geográficas, como la longitud, el área y la ubicación de objetos o elementos en la superficie. Así mismo se podrá utilizar para futuras investigaciones al tener un registro histórico del proceso de construcción de la obra de protección del litoral.

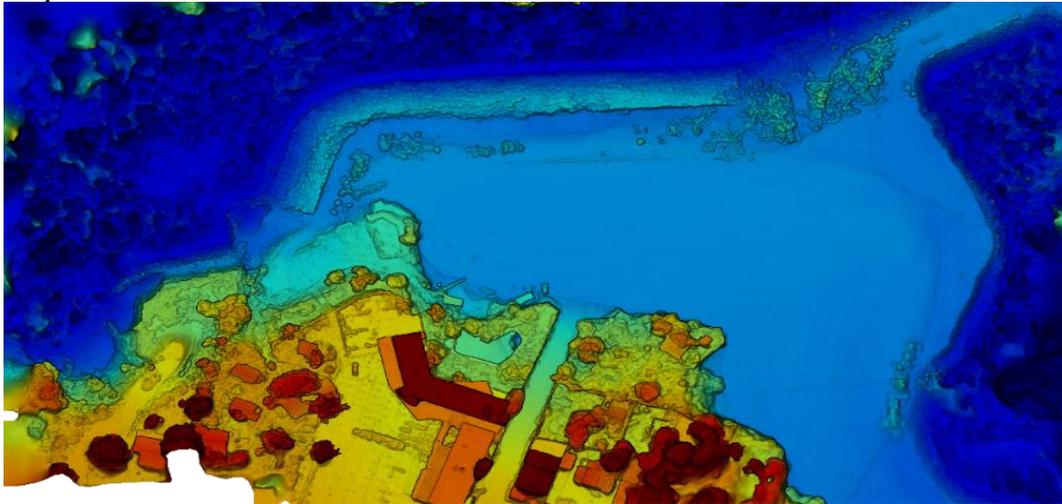
Figura 11.

Ortomosaico área de estudio – Campus Samarina



Figura 12.

Mapa de elevaciones del área de estudio.



4.1.2.2. Modelo Tridimensional:

Esta representación tridimensional de la superficie terrestre se generó a partir de los datos recopilados durante el levantamiento con UAV-Drone. Este modelo proporciona una representación precisa de la topografía y las

características del terreno, incluyendo detalles como elevaciones, pendientes y formas del terreno. El producto es un modelo digital en tres dimensiones o MDT, que usa un visor de elementos tridimensionales permite visualizar y analizar el terreno desde diferentes perspectivas, facilitando la comprensión de su forma y características.

Figura 13.

Mapa de elevaciones del área de estudio.



Nota: Producto en formato .obj

4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE1: CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y CALIDAD DE LA ROCA DEL TALUD MEDIANTE ENSAYOS DE LABORATORIO, ENSAYOS GEOFÍSICOS Y MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN DE MASA ROCOSA PARA OBTENER PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DEL TALUD.

Las características y clasificación de suelos por el sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) y el Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte (AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)), obtenidos del área de estudio resume sus resultados de acuerdo con el muestreo realizado y tipo de exploración.

4.2.1. Muestreo en bloque.

Analizando el estrato de suelo observado en el talud, se realizaron dos muestreos extraídos lateralmente del talud, siendo el mismo estrato, pero con tomas de muestra en estación seca y estación lluviosa. Los ensayos de identificación y estado aplicados en las muestras son: contenido de humedad (ASTM D2216), límites de Atterberg (ASTM D4318), gravedad específica (ASTM D854-14), distribución granulométrica (ASTM D421-85 y ASTM D422-63) cuyos resultados se encuentran resumidos en la tabla 5.

Tabla 7.

Resultados de ensayos de identificación y estad.

ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN Y ESTADO													
PUNTOS	Descripción	Fecha de toma de muestra	CLASIFICACIÓN		GRANULOMETRÍA				HUMEDAD	LÍMITES DE ATTERBERG			Gravedad Específica
			SUCS	AASHTO	% PASANTES				W %	LL	LP	IP	
					Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200					
P4	Arena limosa	20/12/2022	SM	A-2-7	99,04	97,82	92,07	29,03	2,06	18	15	3	2,6
P4	Arena limosa	10/4/2023	SM	A-2-7	99,2	98,05	91,05	32,26	11,98	19	15	5	2,59

Los ensayos de resistencia aplicados a los suelos estudiados son: ensayo de corte directo (ASTM D3080-11), cuyos valores obtenidos de cohesión y ángulo de fricción se resumen en la tabla 6:

Tabla 8.

Resultados de ensayos de resistencia.

ENSAYOS DE RESISTENCIA							
PUNTOS	Descripción	Fecha de toma de muestra	Ángulo de Fricción (°)	Cohesión (KPA)	Densidad húmeda (Kg/m ³)	w (%)	Tipo
P4	Arena limosa	20/12/2022	21,9	7,04	1550,40	2,78	Inalterado
P4	Arena limosa	20/12/2022	26,1	0	1490,48	2,62	Remoldado
P4	Arena limosa	10/4/2023	23,3	0		11,96	Inalterado

4.2.2. Ensayos geofísicos.

Los resultados del ensayo de sismica de refracción proporcionan información valiosa sobre las capas de roca, estructuras geológicas y la profundidad de los estratos. A continuación, se describen los principales resultados obtenidos del estudio de sismica de refracción realizado en una campaña de prospección geofísica realizada el 20 de junio del 2023 por el Geofísico Ing. René Ochoa.

Tabla 9.

Coordenadas donde se realizaron los ensayos.

Ensayo	COORDENADAS UTM	
	N.	E.
MAM+MASW	9754694.04	509066.54
Nakamura en campo libre (NK1)	9754688.00	509068.00
Nakamura en estructura (NK2)	9754692.00	509087.00

Figura 14

Ubicación de ensayos listados en la Tabla 9.



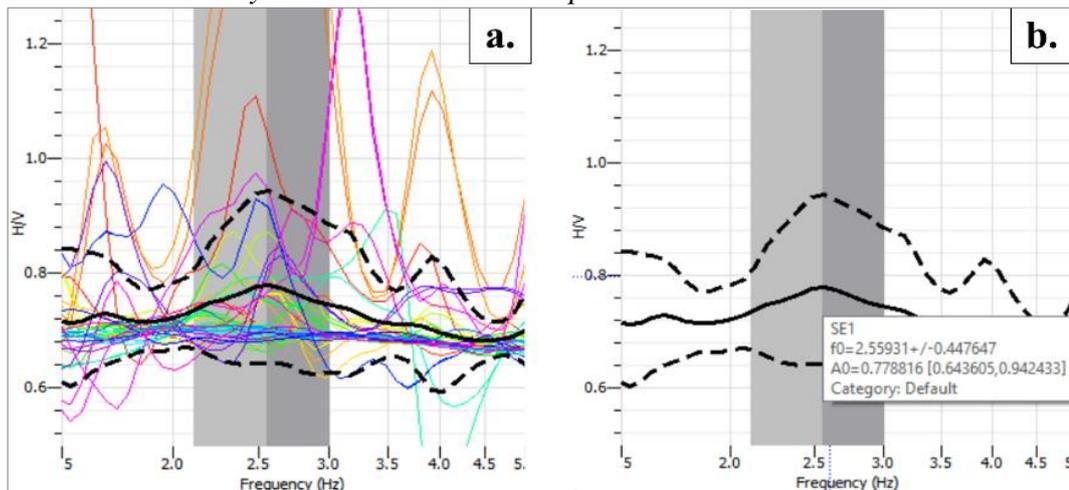
4.2.2.1. Ensayo de Nakamura.

El ensayo de Nakamura en campo libre presenta modos y frecuencia de vibración del suelo, en la figura 14.a $F_o(Hz) = 2.56$ y la figura 14.b $T_o(s) = 0.39$, el valor de presenta valores significativos debido a la cercanía a un talud vertical de gran altura.

En la estructura se determina la frecuencia de vibración de la estructura y el periodo de oscilación, estos valores permiten pronosticar la probabilidad de colapso de la estructura frente a la acción de un sismo de diseño. Valores útiles para definir la estabilidad de la estructura frente a un sismo, en la figura 15.a $F_o(Hz) = 4.81$ y la figura 15.b $T_o(s) = 0.21$, el valor típico para edificaciones de 4 niveles es aproximado a $T_o = 0.4$, la disminución del T_o se encuentra vinculada al diseño del edificio, cuya arquitectura y geometría (Figura 16) direcciona a dos sentidos, introduciendo mayor rigidez al edificio y disminuyendo el periodo de oscilación.

Figura 15

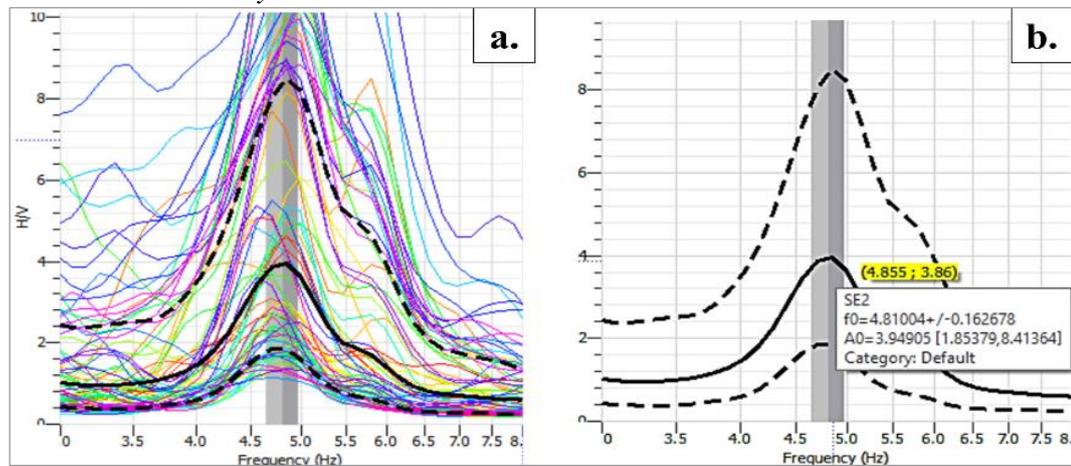
Resultados de ensayo de Nakamura en Campo Libre.



Nota: Obtenida de: Ensayos Geofísicos Hotel Samarina (Ochoa Mayo, 2022).

Figura 16

Resultados de Ensayo de Nakamura en estructura.



Nota.: Obtenida de: Ensayos Geofísicos Hotel Samarina (Ochoa Mayo, 2022).

Figura 17

Geometría de estructura ensayada.



4.2.2.2. Determinación de la velocidad de las ondas de corte V_s (m/s)- MAM+MASW.

El análisis espectral de ondas superficiales de baja frecuencia del tipo Rayleigh se transmiten por la superficie del terreno cuyo rango de profundidad es proporcional a la longitud de onda y permite mediante el

método de análisis multicanal de micro tremores (MAM) y el Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) con la aplicación de software y proceso de inversión obtener velocidades de las ondas de corte V_s (m/s) los cuales se categorizan o clasifican de acuerdo con los rangos de onda de corte establecidos en la tabla 5. La campaña de prospección geofísica permite obtener un análisis estratigráfico del área de estudio cuyos resultados se presentan en la Tabla 6.

Tabla 10

Clasificación de perfiles de suelo acorde a NEC-15 (Norma Ecuatoriana de La Construcción).

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de Roca Competente	$\bar{V}_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelo muy densos o roca blanca	$760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360 \text{ m/s}$
D	Perfiles de suelo rígido	$360 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 180 \text{ m/s}$
E	Perfil de suelo	$\bar{V}_s < 180 \text{ m/s}$

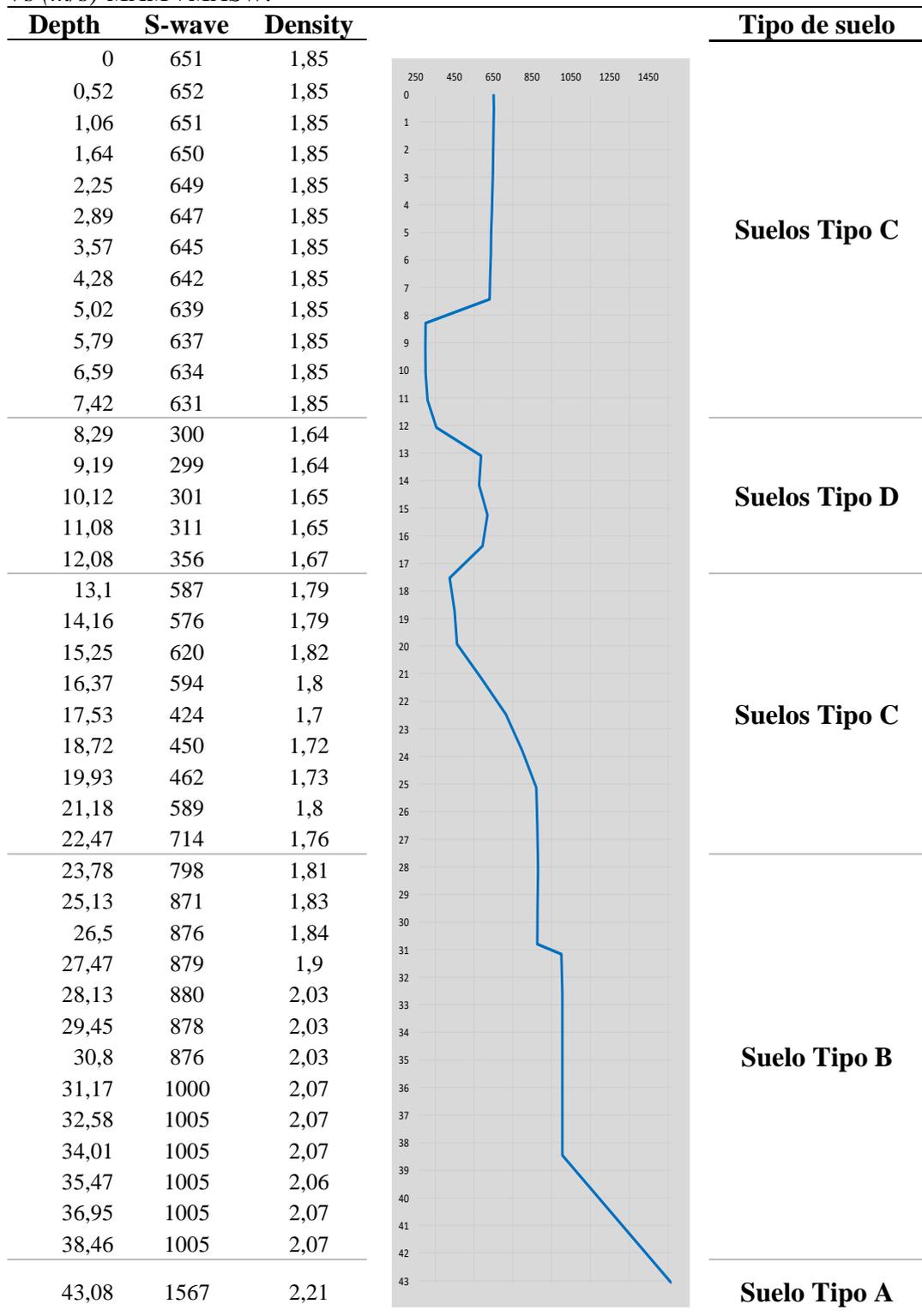
Nota: Obtenida de Clasificación de suelos acorde a (Norma Ecuatoriana de La Construcción, 2015), en su capítulo Diseño Sísmico.

El valor de obtenido de $V_{s_{30}}$ (m/s) = 617.28 corresponde al promedio de valores V_s hasta la profundidad de 30 metros y el valor resultante $V_{s_{eq}}$ (m/s) = 550.42 el promedio de valores del material desde la superficie hasta la profundidad donde el valor de la onda de corte cumple la condición: $\bar{V}_s < 180 \text{ m/s}$.

Los resultados del análisis de las ondas V_s demuestran que a una profundidad de 43,08 metros aproximadamente se encuentra un estrato de roca competente.

Tabla 11

Ensayos geofísicos para la determinación de la velocidad de las ondas de corte Vs (m/s)-MAM+MASW.



4.2.3. Caracterizaciones de taludes.

En el marco del proyecto de investigación, se llevaron a cabo trabajos de caracterización geotécnica en tres sitios designados para el análisis de los taludes. Los marcadores 2 y 3 corresponden a taludes rocosos correspondiente a la formación Cayo, esta formación está compuesta por chert, lutitas y areniscas silicificadas, pudiendo observarse pliegues, de acuerdo a (Nuñez del Arco & Dugas, 1986) quienes caracterizaron la zona como olistolitos del miembro Guayaquil, en este caso su equivalente el miembro Santa Elena de la formación Cayo en la península, son de carácter singenéticos, formados simultáneamente con las capas de lutitas y areniscas finas durante el proceso de sedimentación y consolidación, los mismos son importantes para comprender la historia geológica del área y tienen implicaciones en la estabilidad y el comportamiento de los taludes que están compuestos por estas capas plegadas.

Figura 18

Vista Isométrica del sector de estudio y ubicación de marcadores.



Nota: Obtenida de Google Maps Photo Sphere (Rodríguez, 2021)

La litología predominante en ambos sitios está compuesta por capas de lutitas, areniscas finas silicificadas, conglomerados que contienen clastos y areniscas muy finas, basándonos en los resultados del análisis de laboratorio.

4.2.4. Caracterización C1.

La caracterización C1, corresponde a depósitos de suelo claramente estratificados, que contiene arenas limosas en su mayoría, lutitas y limos con arena. En la figura 19, se puede observar el contraste con dos fotografías históricas, la imagen 19.a tomada en el junio del año 2022 y la 19.b tomada en junio del año 2023, se evidencia volcamientos de masa de suelo ocurridos en las zonas de contacto litológico entre la formación rocosa y los depósitos de suelo dejando al descubierto la matriz rocosa.

Figura 19

Zona de caracterización C1.



Es visible la zona de contacto entre suelos residuales y la matriz rocosa correspondiente al miembro Santa Elena de características geotécnicas similares a las caracterizaciones 2 y 3 detalladas posteriormente, así como el transporte de materiales por acción de lluvias. Acorde a los ensayos realizados la estratigrafía de la caracterización C1 se detalla en la **tabla 12** y **figura 20**.

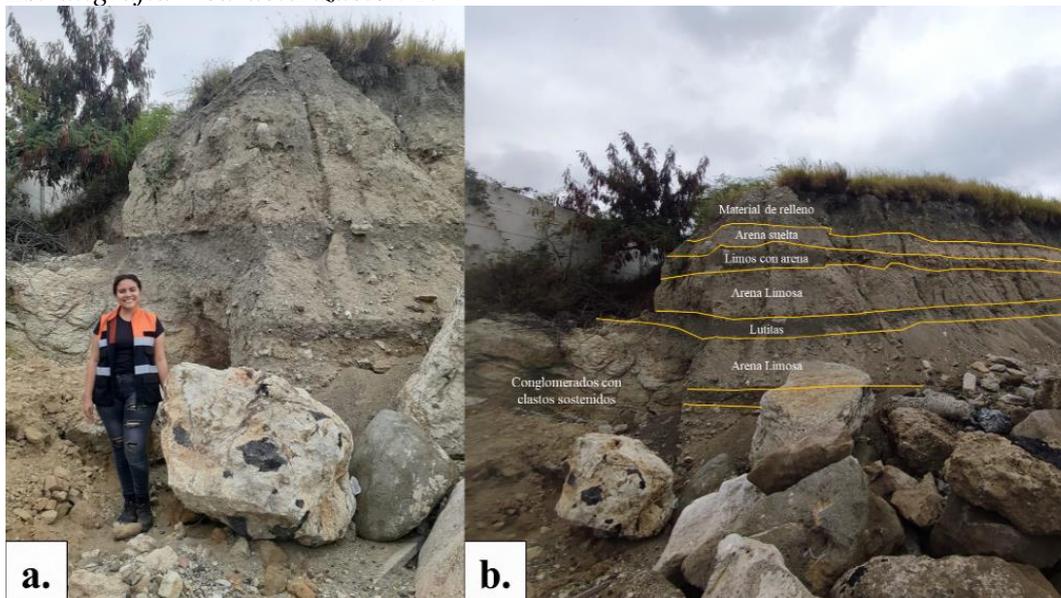
Tabla 12

Estratigrafía – caracterización 1.

Estratos	Profundidad (m)	Descripción
E1 	0.25	Material de relleno
E2 	0.62	Arena suelta
E3 	1.05	Limos con arena
E4 	1.18	Arena Limosa
E5 	1.79	Lutitas
E6 	2.11	Arena Limosa

Figura 20

Estratigrafía – caracterización 1.



4.2.5. Caracterización C2.

La caracterización C2, corresponde a formación Cayo, miembro Santa Elena, contiene estrato de formaciones rocosas constituidas por conglomerados, y clastos sostenidos con diaclasamientos cuyo estado se encuentra altamente meteorizado y en las líneas de fractura se observan fracturas con relleno de yeso, la estratigrafía del macizo rocoso se describe en la **Tabla 13**.

Tabla 13

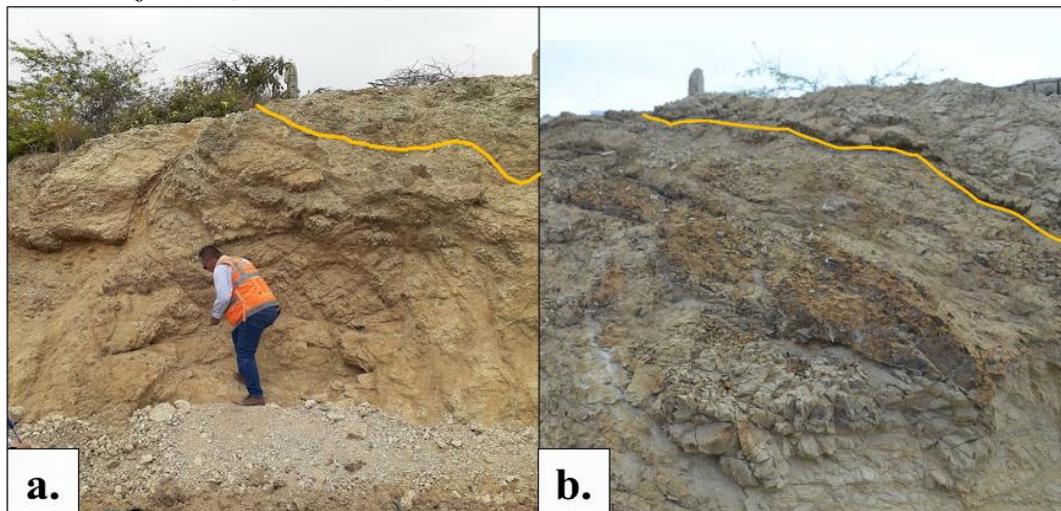
Estratigrafía – caracterización 1.

	Estratos	Profundidad (m)	Descripción
E1		0 - 5.50	Conglomerados, clastos sostenidos con diaclasamientos y fracturas rellenas con yeso.

En fotografías históricas se observa presencia de plataformas de abrasión, este talud presenta altos niveles de socavación de la erosión marina que ha generado grandes cavernas que a la actualidad han sido parcialmente rellenas con hormigón ciclópeo. La **Figura 23** muestra el nivel de meteorización presente en el talud, donde existe infraestructura parcialmente colapsada y desprendimientos de fragmentos de la matriz rocosa.

Figura 23

Caracterización Geotécnica C2.



La fotografía **20.a** y **21.a** capturadas en junio del 2022 en contraste con la fotografía **20.b** y **21.b** que corresponden al mes de junio del 2023, muestran un mayor grado de meteorización en la roca, lo que ha producido caídas de bloques y fracturas en la matriz, al eliminar la variable de la erosión marina, se presume son producto de vibraciones producidas por el paso de equipo pesado y maquinaria de la obra de protección del Litoral ejecutada por el GADM La Libertad, estas alteraciones antrópicas resultan en diferenciación de resultados en los análisis de calidad de roca.

Figura 24

Caracterización Geotécnica C2, cavernas de abrasión.

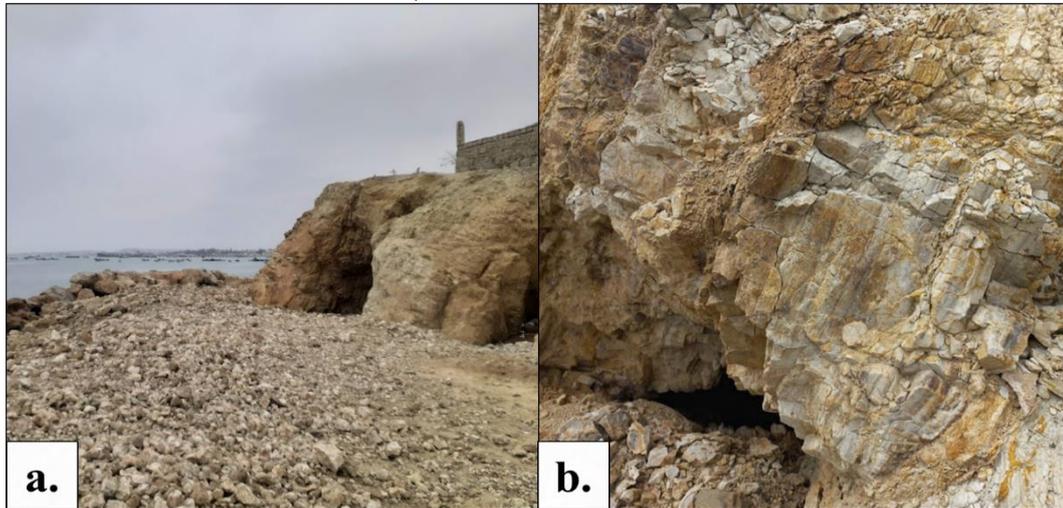
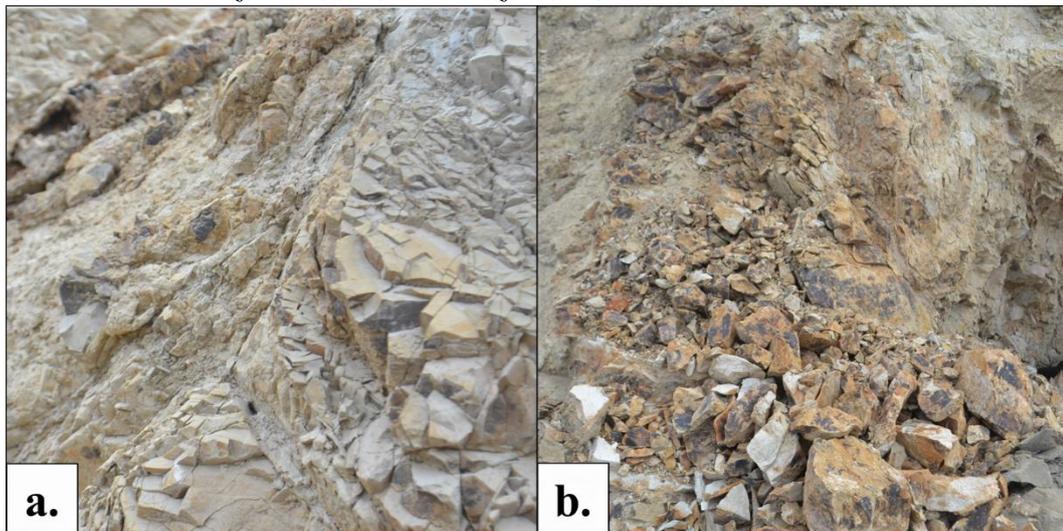


Figura 25

Calidad del Macizo Rocoso Caracterización C2.



Los resultados del análisis RMR se muestran en la **Tabla 14** y del análisis Q de Barton en la **Tabla 15**. De acuerdo con la caracterización del talud la calidad de la roca para clasificación RMR resulta con un puntaje de 34 puntos, considerado Clase IV, de calidad “mala” y para la clasificación Q de Barton un puntaje de 0.09, considerado “extremadamente malo”. En la figura 21 se muestra la parte superior del talud donde existe un mirador que se encuentra con afectaciones estructurales con alta probabilidad de colapso que, sumado a la calidad de la roca y las características del tipo de suelo, podrían desencadenar derrumbes, por lo que se considera una zona de peligro.

Tabla 14

Calificación RMR - Caracterización C2.

Clasificación RMR (Bienaswki)			
Parámetro de Calificación	Descripción	Descripción	Puntuación
R1. Resistencia del material intacto			
Resistencia a la compresión simple (MPa)	25-50	Moderadamente dura	4
R2. Resistencia del material intacto			
Índice RQD (%)	<25	Muy mala	3
R3. Espaciamiento entre discontinuidades			
Espaciamiento entre discontinuidades (cm)	16	Junto	8
R4. Condiciones de diaclasas			
Persistencia (m)	2,3	Baja continuidad	4
Abertura (mm)	2	Abierta	1
Rugosidad	-	Rugosa Ondulada	3
Relleno	-	Duro	4
Grado de meteorización	-	Muy meteorizado	1
R5. Condición de humedad			
Estado General:	0-01	Ligeramente Húmedo	10
Total (R1+R2+R3+R4+R5)			38

Figura 21

Afectaciones estructurales en construcciones sobre el talud.

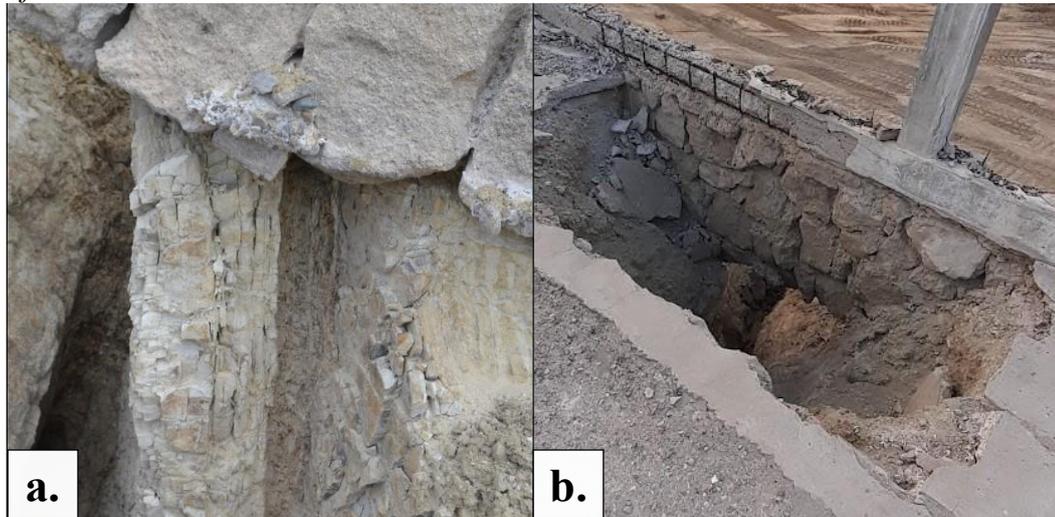


Tabla 15

Clasificación Q (Barton) – Caracterización C2.

Clasificación Q (Barton)	
Parámetro de Calificación	Puntaje
1. Calidad del testigo (RQD)	
Calidad "Muy Mala".	10
2. Índice del diaclasado	
Roca muy fracturada.	15
3. Índice de rugosidad de las discontinuidades (Jr)	
Diaclasas discontinuas.	4
4. Índice de alteración de las discontinuidades (Ja)	
Recubrimientos de arcillas blandas o de baja fricción: Clorita, talco, yeso, grafito ($fr=8-16^\circ$).	4
5. Factor de reducción por presencia de agua (Jw)	
Excavaciones secas o pequeñas afluencias, inferiores a 5 l/min, de forma localizada.	1
6. Condiciones Tensionales de la Roca (SRF)	
Múltiples zonas de fracturas en roca competente (libre de arcillas), roca de contorno suelta a cualquier profundidad.	7,5
$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF} = \frac{10}{15} \cdot \frac{4}{4} \cdot \frac{1}{7,5} \approx 0,09$	
Tipo de macizo rocoso: Extremadamente malo	

4.2.6. Caracterización C3.

La caracterización C3, corresponde a Formación Cayo, miembro Santa Elena y miembro Cayo, se evidencian tres estratos conglomerados con clastos sostenidos con fracturas o vetas de yeso, el segundo se describe como conglomerados en matrices sostenidas de areniscas, y areniscas con bloques de basalto que pudieron ser observados en la parte interna de las cavernas formadas por abrasión marina, estos bloques de basalto en concordancia con la información y cartas geológicas de la puntilla de Santa Elena, pueden dar evidencia de la formación Piñón, la estratigrafía se presentan en la **Tabla 16** y en la **Figura 22**.

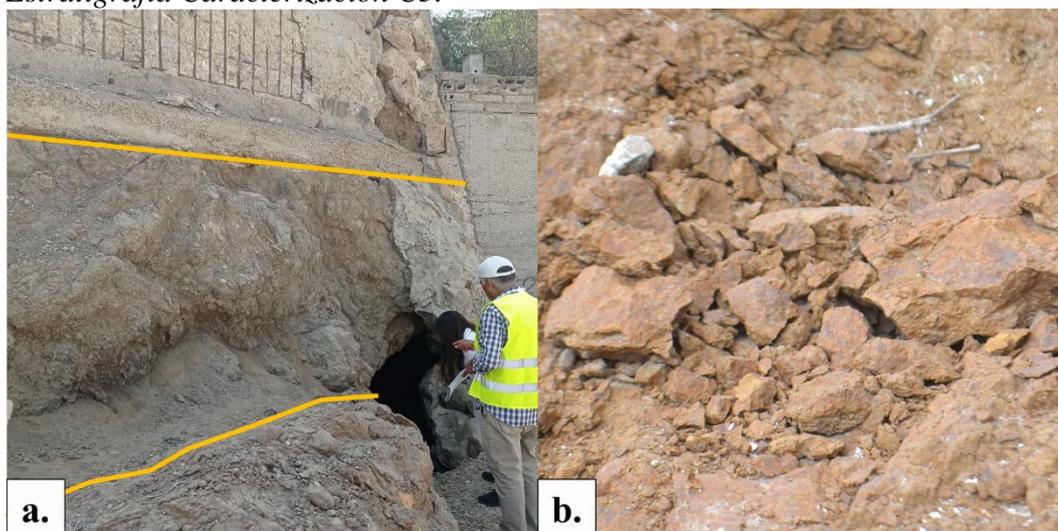
Tabla 16

Estratigrafía – caracterización C3.

	Estratos	Longitud (m)	Descripción
E1		1.6	Conglomerados, clastos sostenidos con diaclasamientos y fracturas rellenas con yeso.
E2		3.2	Conglomerados matrices sostenida de areniscas
E3		4.4	Areniscas con bloques de basalto

Figura 22

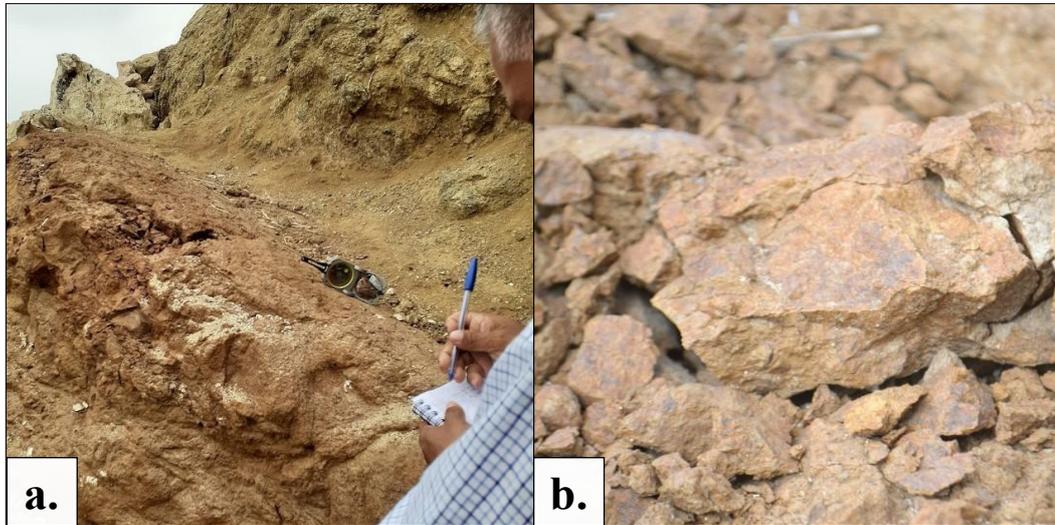
Estratigrafía Caracterización C3.



En la **Figura 23.a** se observan depósitos meteorizados de conglomerados matrices sostenida de areniscas con un color marrón rojizo, en la **Figura 23.b** se observan fragmentos de la matriz rocosa.

Figura 23

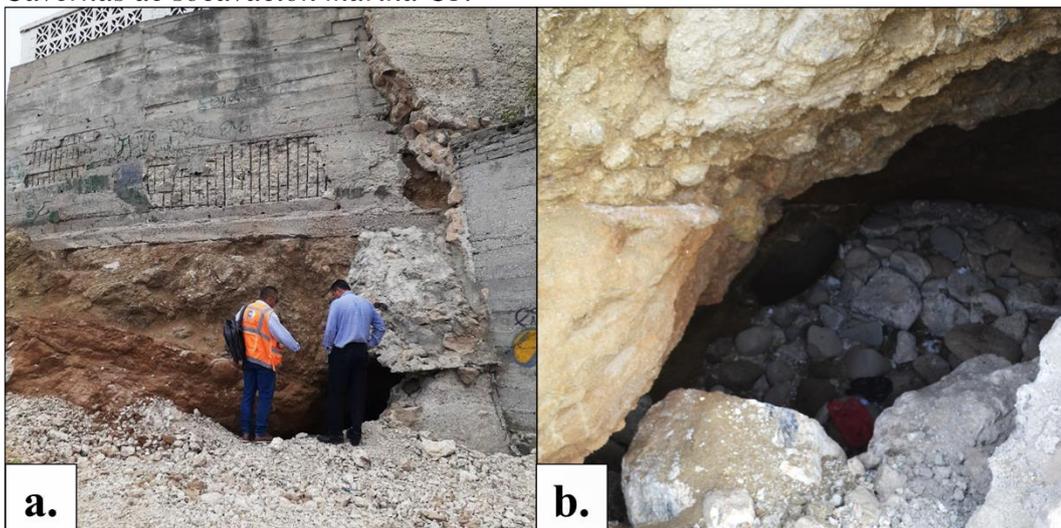
Caracterización geotécnica 3.



En la **Figura 24** muestra la caracterización C3 se encuentra como base de una estructura perteneciente al hotel y producto de la erosión marina se encuentran cavernas de socavación marina, dentro de las cavernas se observa basalto, estas cavernas presentan sitios de riesgo e inestabilidad, se propone su relleno con hormigón ciclópeo.

Figura 24

Cavernas de socavación marina C3.



La **Figura 25** muestra cavernas de abrasión, cercana a esta caracterización se observan bloques de hormigón ciclópeo que correspondían a un antiguo muro de contención, estos son vestigios de problemas vinculados a la inestabilidad.

Figura 25

Caída de bloques de antiguo muro de hormigón ciclópeo.



Los resultados del análisis RMR se muestran en la **Tabla 17** y del análisis Q de Barton en la **Tabla 18** de acuerdo con la caracterización del talud la calidad de la roca para clasificación RMR resulta con un puntaje de 45 puntos, considerado Clase III, de calidad “media” y para la clasificación Q de Barton un puntaje de 0.76, considerado “muy malo”.

Tabla 17

Calificación RMR - Caracterización C3.

Clasificación RMR (Bienaswki)			
Parámetro de Calificación	Descripción	Descripción	Puntuación
R1. Resistencia del material intacto			
Resistencia a la compresión simple (Mpa)	25-50	Moderadamente dura	4
R2. Resistencia del material intacto			
Índice RQD (%)	34	Mala	6
R3. Espaciamiento entre discontinuidades			
Espaciamiento entre discontinuidades (cm)	18	Junto	8
R4. Condiciones de diaclasas			
Persistencia (m)	2,6	Baja continuidad	4
Abertura (mm)	2	Abierta	1
Rugosidad		Rugosa Ondulada	3
Relleno		Duro	4
Grado de meteorización		Algo meteorizado	5
R5. Condición de humedad			
Estado General:	0-01	Ligeramente Húmedo	10
Total (R1+R2+R3+R4+R5)			45

Tabla 18*Calificación Q Barton - Caracterización C3*

Clasificación Q (Barton)	
Parámetro de Calificación	Puntaje
1. Calidad del testigo RQD (%)	
Calidad "Mala"	34
2. Índice del diaclasado	
Dos familias de diaclasas y algunas aleatorias	6
3. Índice de rugosidad de las discontinuidades (Jr)	
Diaclasas discontinuas	4
4. Índice de alteración de las discontinuidades (Ja)	
Recubrimientos de arcillas blandas o de baja fricción: Clorita, talco, yeso, grafito ($fr=8-16^\circ$).	4
5. Factor de reducción por presencia de agua (Jw)	
Excavaciones secas o pequeñas afluencias, inferiores a 5 l/min, de forma localizada.	1
6. Condiciones Tensionales de la Roca	
Múltiples zonas de fracturas en roca competente (libre de arcillas), roca de contorno suelta a cualquier profundidad.	7,5
$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF} = \frac{34}{6} \cdot \frac{4}{4} \cdot \frac{1}{7,5} \approx$	0,76
Tipo de macizo rocoso: Muy malo	

4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE2: ANALIZAR PARÁMETROS HIDROMETEREOLÓGICOS MEDIANTE ESTUDIO MAREAS, PRECIPITACIONES Y VIENTO PARA DETERMINAR SU INFLUENCIA EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD.

4.3.1. Parámetro Hidrodinámico.

El parámetro hidrodinámico se evaluó con la variable oleaje durante un periodo de estudio de 11 meses desde junio 2022 hasta mayo 2023, promediando diariamente los valores obtenidos cada tres horas durante un periodo de 24 horas.

4.3.1.1. Oleaje.

Los datos de dirección y altura del oleaje fueron procesados para obtener los valores máximos, mínimos y medios. Por estos resultados, el oleaje incide significativamente en la erosión del borde costero, afectando a la estabilidad del talud frente a la línea de costa.

a) Dirección de la Ola.

Los resultados de la dirección del oleaje se obtuvieron mediante el registro de datos de la plataforma Copernicus desde junio 2022 hasta mayo 2023, estos datos fueron procesados para obtener una gráfica de serie de tiempo en la que se observa que la dirección del oleaje ascendió hasta 270° durante los meses de enero y febrero del 2023 y tuvieron su pico más bajo durante el mes de mayo del 2023 con un valor inferior a los 210 °. En este sentido, se determinó que el valor máximo corresponde a 270, 92 °, el mínimo a 206, 22° y el promedio de esta serie de datos corresponde a 218, 33°. Los resultados del análisis se describen en la tabla 11 y figura 25, respectivamente.

Tabla 20.

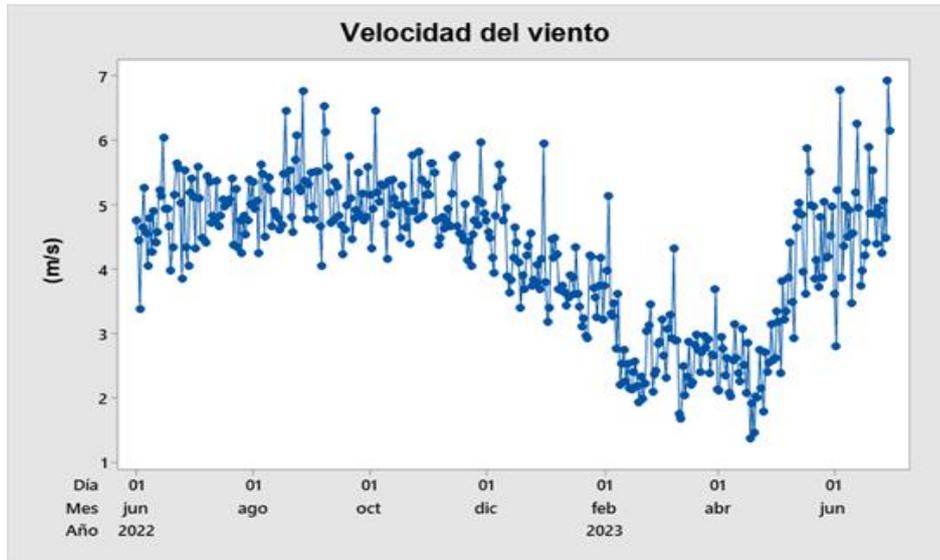
Valores máximos, mínimos y promediados de la altura del oleaje durante el periodo de estudio junio 2022- junio 2023.

Máximo	Promedio	Mínimo
1,957 m	1,0140 m	0,4975 m

Nota. Datos procesados y obtenidos de Minitab v9.

Figura 27

Serie de tiempo de la altura del oleaje evaluada en el periodo junio 2022- junio 2023.



Nota. Datos procesados y obtenidos de Minitab v9.

4.3.2. Parámetro Meteorológico.

El parámetro meteorológico se refiere a los vinculados a fenómenos climatológicos, proporcionando mediciones de parámetros para este indicador se estudia el viento, con su variable de dirección y velocidad del viento.

4.3.2.1. Vientos.

Los datos correspondientes al estudio de viento consideraron las variables de dirección y velocidad del viento.

c) Dirección del viento.

Los resultados de la dirección del viento se obtuvieron mediante el registro de datos de la plataforma Copernicus desde junio 2022 hasta junio 2023, estos datos fueron procesados para obtener una gráfica de serie de tiempo en la que se observa que la dirección del viento ascendió hasta durante el mes de 2023 y tuvieron su pico más bajo durante el mes de del 2023 con un valor inferior a los.

En este sentido, se determinó que el valor máximo corresponde a el mínimo a y el promedio de esta serie de datos corresponde a. Los resultados del análisis se describen en la tabla 13 y figura 27, respectivamente.

Tabla 21

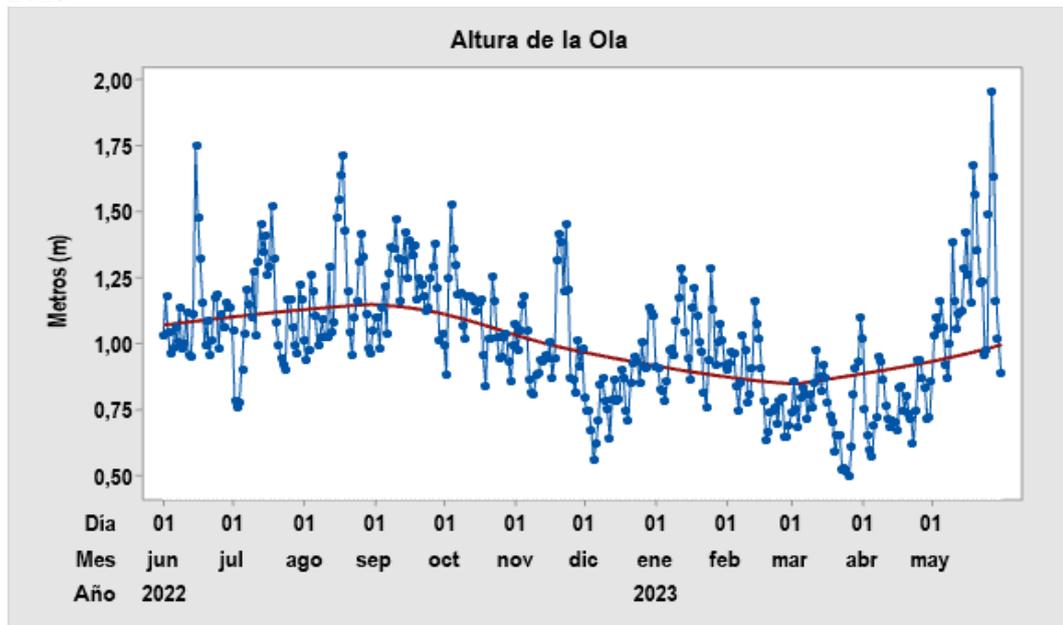
Valores máximos, mínimos y promediados de la dirección del oleaje.

Máximo	Promedio	Mínimo
270, 92°	218,83 °	206, 22°

Nota. Datos procesados y obtenidos de Minitab v9.

Figura 28

Serie de tiempo de la altura del oleaje evaluada en el periodo junio 2022- junio 2023



Nota. Datos procesados y obtenidos de Minitab v9.

d) Velocidad del viento.

Los resultados de la velocidad del viento se obtuvieron mediante el registro de datos de la plataforma Copernicus desde junio 2022 hasta junio 2023, estos datos fueron procesados para obtener una gráfica de serie de tiempo en la que se observa que la velocidad del viento ascendió hasta 6.91 m/s durante el mes de junio de 2023 y tuvieron su pico más bajo durante el mes de abril del 2023 con un valor inferior a los 1.36 m/s .

En este sentido, se determinó que el valor máximo corresponde a 6.91 m/s , el mínimo a 1.36 m/s y el promedio de esta serie de datos corresponde a 4.20 m/s . Los resultados del análisis se describen en la tabla 14 y figura 28, respectivamente.

Tabla 22.

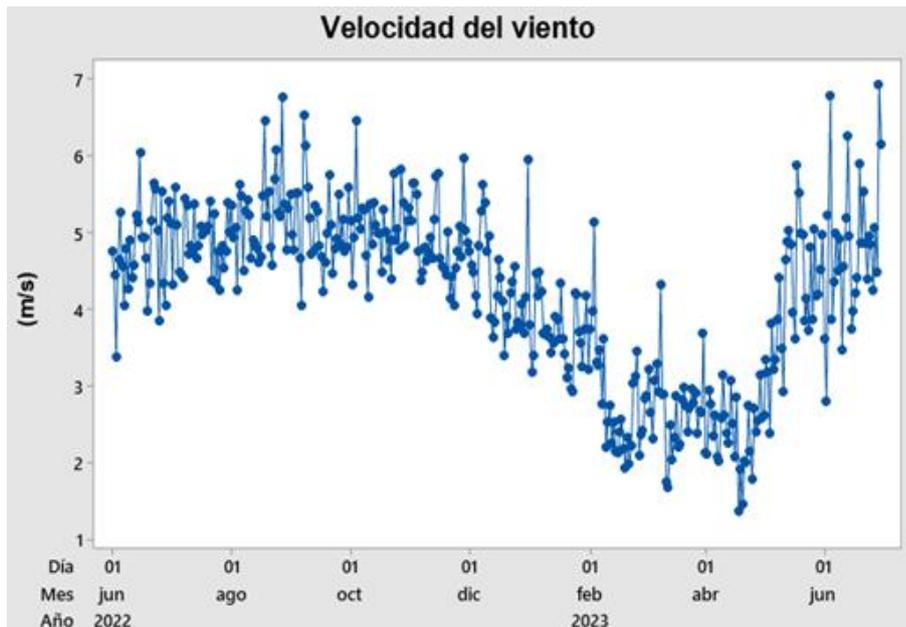
Valores máximos, mínimos y promediados de la dirección del oleaje.

Máximo	Promedio	Mínimo
6.91 m/s	4.20 m/s	1.36 m/s

Nota. Datos procesados y obtenidos de Minitab v9.

Figura 29

Serie de tiempo de la altura del oleaje evaluada en el periodo junio 2022- junio 2023.



Nota. Datos procesados y obtenidos de Minitab v9.

4.3.2.2. Precipitaciones.

La probabilidad de eventos extremos de precipitación estimada con la distribución Gumbell se presentan a continuación para un grupo de datos de 12 años de estudio desde 2010 hasta 2021. Los datos de precipitaciones máximas a 24 horas fueron extraídos de los registros brindados por INOCAR obtenidos de la estación Superintendencia del Terminal Petrolero (SUINLI), que se ubica en el litoral costero del cantón La Libertad, los valores son agrupados y se calculó el valor de precipitación máximo anual. De estos resultados se aprecia, que los registros de 2017, 2019 y 2021 presentan los mayores valores de precipitación correspondientes a 116.6, 75.4 y 94.2 mm respectivamente. Mientras que, en 2011, 2014 y 2015 se registran los valores de precipitación menores de 7.3, 10.3 y 9.3 mm. La media de las precipitaciones máximas en el periodo de estudio de 2010 a 2021 corresponde a 49,78mm con una desviación estándar de 34,03 y un coeficiente de variación de 0,68. Los datos obtenidos previamente permitieron calcular la probabilidad de ocurrencia de precipitaciones extremas a distintos periodos de retorno, que son descritos en la tabla 15 y 16 respectivamente.

Tabla 23

Registro de precipitaciones máximas en 24 horas anuales.

N	Año	Precipitación máxima en 24 horas (mm)	Precipitación de mayor a menor	Probabilidad empírica
1	2010	40,70	116,60	7,70
2	2011	7,30	94,20	15,40
3	2012	55,50	75,40	23,10
4	2013	29,80	60,70	30,80
5	2014	10,30	55,50	38,50
6	2015	9,30	50,00	46,20
7	2016	47,50	47,50	53,80
8	2017	116,60	40,70	61,50
9	2018	50,00	29,80	69,20
10	2019	75,40	10,30	76,90
11	2020	60,70	9,30	84,60
12	2021	94,20	7,30	92,30

Tabla 24*Variables estadísticas obtenidas en el talud.*

<i>Variable</i>	<i>Magnitud</i>
<i>Media</i>	49.78
<i>S</i>	34.03
<i>CV</i>	0.68

Los resultados indican que existe una baja probabilidad de ocurrencia de precipitaciones extremas, puesto que, los valores de precipitación son inferiores a los 100mm a un periodo de retorno de 10 año y son menores a 200mm a 100 años de retorno.

Tabla 25*Tabla - Periodo de precipitación.*

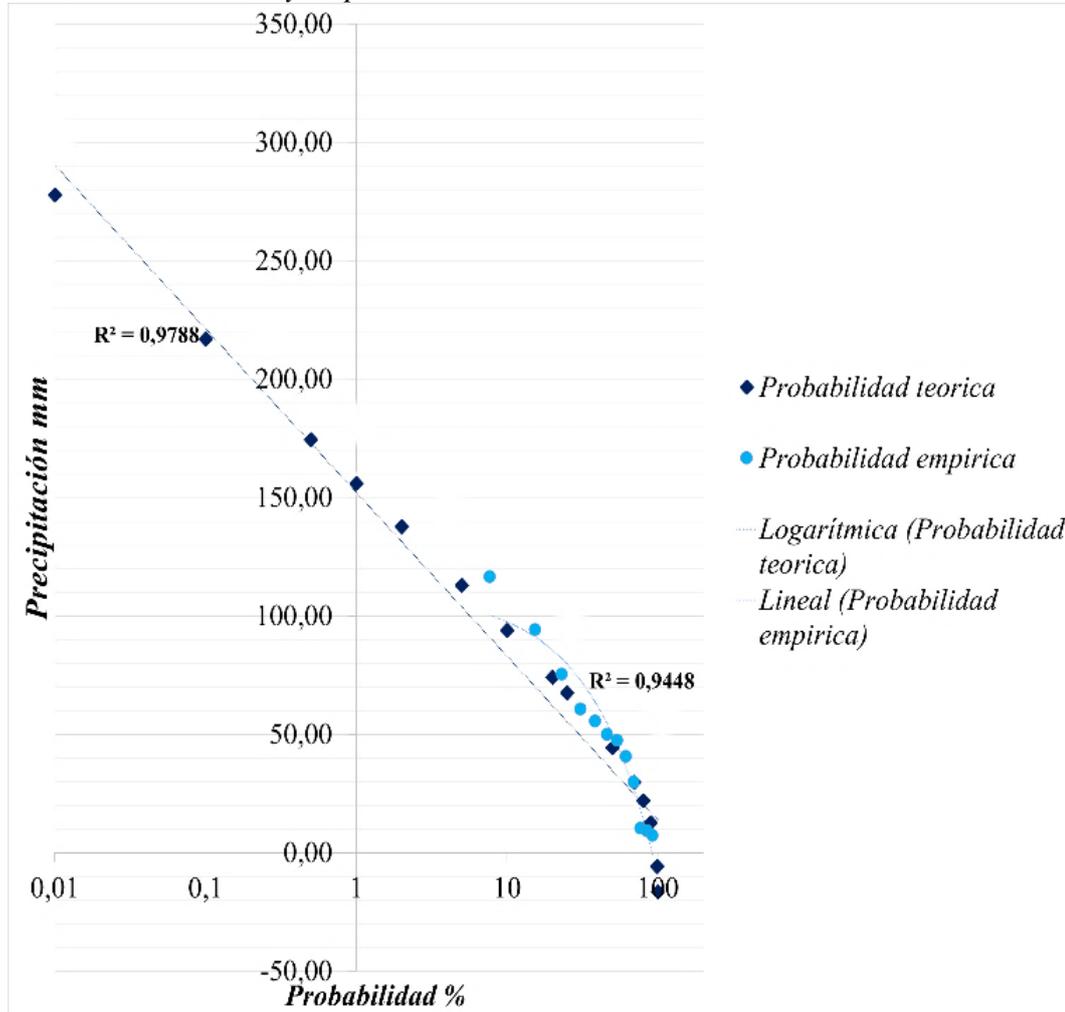
P (%)	Tr años	y	Precipitación
0,01	10000,00	9,21	277,70
0,1	1000,00	6,91	216,90
0,5	200,00	5,30	174,36
1	100,00	4,60	155,99
2	50,00	3,90	137,56
5	20,00	2,97	112,96
10	10,00	2,25	93,96
20	5,00	1,50	74,14
25	4,00	1,25	67,44
50	2,00	0,37	44,22
70	1,43	-0,19	29,64
80	1,25	-0,48	21,98
90	1,11	-0,83	12,52
99	1,01	-1,53	-5,77
99,9	1,00	-1,93	-16,48

Pero, ante eventos naturales como el del niño, se ha demostrado que los resultados demuestran poca incidencia de las precipitaciones son las principales causantes de deslizamientos en laderas y crecientes de ríos. Además, otro factor a considerar es la calidad del material que compone el talud costero, en este sentido, si el material es muy erosionable y presenta

baja sedimentación o compactación, y presenta fallas estructurales en su matriz interna, las precipitaciones en los valores presentados afectaran a estabilidad del talud, sin que estas representen eventos extremos.

Figura 30

Probabilidad teórica y empírica de ocurrencia de eventos extremos.



4.3.3. Criterio Mora Vharson.

Los datos obtenidos permitieron evaluar el parámetro T_p asociado a la susceptibilidad del talud por la presencia de las lluvias, dado que, las precipitaciones a un periodo de retorno de 100 años oscilan entre 101 y 200 mm se valora con susceptibilidad al deslizamiento baja de grado 2, esto quiere decir que las precipitaciones no representan un factor potencial para provocar deslizamientos en el talud. Sin embargo, como se detalló anteriormente una lluvia

potencial como las que ocurren ante la incidencia del fenómeno del niño pueden incidir significativamente a incrementar el grado de inestabilidad del talud.

Tabla 26

Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento empleando criterio Mora Vharson.

Obtención del T_p		
Lluvia máxima $n > 10$ años; $T_r = 100$ años	Susceptibilidad	T_p
<100 mm	Muy Baja	1
101-200	Baja	2
201-300	Media	3
301-400	Alta	4
>400	Muy alta	5

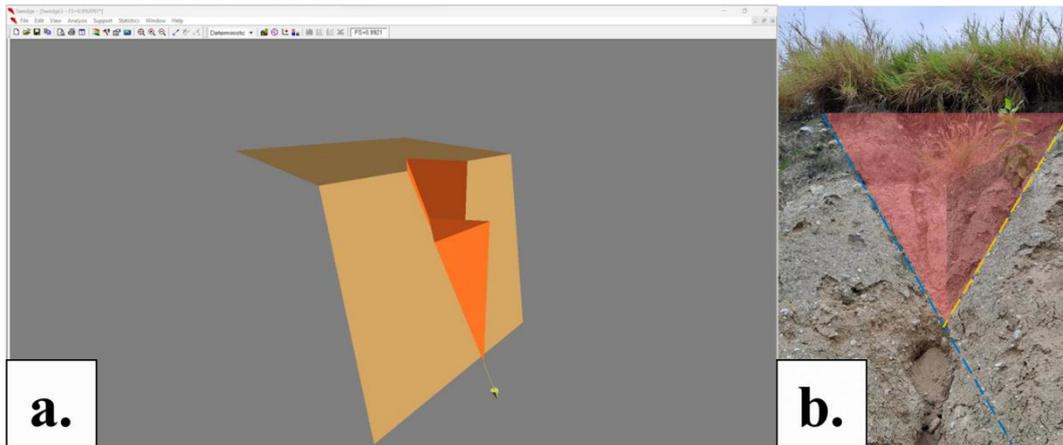
4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE3: DETERMINACIÓN DE POSIBLES DESLIZAMIENTOS DE TALUD MEDIANTE EL DISEÑO DE UN MODELO GEOTÉCNICO PARA LA EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD

4.4.1. Caracterización 1.

La caracterización C1, talud con coordenadas: N.9754734.324 y E.508995.759, el talud posee una dirección de buzamiento de 209° y un buzamiento de 76° , sus ángulos principales de las diaclasas son: Diaclasa 1 (27/73), Diaclasa 2 (255/71), Diaclasa 3 (162/67), Diaclasa 4 (330/68), analizando si existen planos de intersección dentro de la zona de inseguridad, obtenemos de la proyección de redes estereográficas en falsilla de Wull en software Dips proyectado en la Figura 33.

Figura 34

Análisis de Estabilidad del Talud.



CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Del objetivo general planteado, se concluye que las variables como precipitación, oleaje y las características geotécnicas del talud inciden directamente en la estabilidad del talud costero y en los procesos erosivos, lo cual resulta en la modificación de la línea de costa y en daños estructurales que podrían poner en peligro las infraestructuras ubicadas en la parte superior del talud. Otros factores ambientales, como el viento, no se consideran desencadenantes de la inestabilidad.

Del primer objetivo específico se determina que las características del suelo son típicamente arenas limosas, altamente susceptibles al lavado de finos, con presencia de areniscas y lutitas. Los afloramientos rocosos encontrados en el sitio tienen una clasificación de calidad de roca de media a mala, dependiendo de la zona estudiada. En condiciones de meteorización avanzada y fracturas rellenas con yeso, se podrían considerar zonas de debilidad en la matriz rocosa. Con el estudio de prospección sísmica se pudo determinar que a 40 m se encuentra una matriz de roca competente, mientras que los suelos contenidos en la estratigrafía del talud corresponden a suelos tipo C y B de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15).

Del segundo objetivo específico, mediante el análisis de mareas, las precipitaciones y el viento, se concluye que los factores desencadenantes de los procesos de inestabilidad son las precipitaciones y el oleaje. La velocidad del viento no se considera suficientemente representativa como para causar procesos erosivos en el talud.

Del tercer objetivo específico, se determinaron zonas de inestabilidad con movimientos de cuña y planar tanto en macizos compuestos por depósitos de suelos como en macizos rocosos. No obstante, la obra de protección del litoral

ejecutada por el Municipio de La Libertad resuelve los problemas erosivos relacionados con el oleaje y mitiga el proceso de recuperación de la línea de costa.

5.2. RECOMENDACIONES

Registros fotográficos históricos pueden ser excelentes aliados cuando se busca la historia geológica de un sector la utilización de técnicas como la fotogrametría y herramientas de acceso libre como Google Earth pueden brindar visualización de cómo se modifica el ambiente a lo largo de los años.

La información geológica de la península de Santa Elena se encuentra detallada en varios manuales y mapas a los que pueden ser accedidos, los mapas geológicos de la Península de Santa Elena contienen información diversa la cual no es equivalente cuando varía el autor, se recomienda que en procesos de reconocimiento de la geología de sitio se consulten varios autores y se detalla información preliminar sobre afloramientos y fallas encontradas en el sector la oportuna designación de unidades litológicas y siguiendo un orden correcto en conjunto con una georreferenciación adecuada asegurarán el éxito de las caracterizaciones geotécnicas a realizarse en el sector de estudio.

Los procesos erosivos en la línea de costa relacionados con factores ambientales requieren mayor investigación hoy y se propone el monitoreo constante de la línea de costa en toda la puntilla de Santa Elena.

Las obras de protección del litoral a pesar de ser soluciones rápidas y efectivas para evitar el decrecimiento de la línea de costa hoy un diseño hoy sin un adecuado estudio puede ocasionar que en otros puntos del litoral se afecte la tasa de retroceso.

Para que este pueda cumplir su función es importante considerar la importancia de la ingeniería geotécnica, en función a sus resultados obtenidos mediante ensayos y a estudios realizados en campo, con la finalidad de determinar los parámetros, métodos y sus clasificaciones, en base a diseño apto o apropiado para la estabilidad del macizo rocoso y la presencia de los factores ge ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akimov, P., Tusnin, A., & Sokolova, A. (2023). MODELLING AND METHODS OF STRUCTURAL ANALYSIS. *Proceedings of the II Scientific Conference*. <https://printorders.aip.org/2497>
- Alcántara Ayala, L. (2000). Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. *Investigaciones Geográficas*, 1(41). <https://doi.org/10.14350/rig.59101>
- Anda, S., Paredes, P., & Bedoya, E. (2015). La herencia cultural en Santa Elena: etnicidad y memoria oral en La Libertad (Ecuador). *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 2(3). <https://doi.org/10.26423/rctu.v2i3.50>
- Barton, N., Lien, R., & Lunde, J. (1974). Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mechanics*, 6(4), 189–236. <https://doi.org/10.1007/BF01239496>
- Bieniawski, Z. T. (1978). Determining rock mass deformability. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 15, 353–343.
- Bieniawski, Z. T. (1989). Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering. In *Wiley-Interscience*.
- BORLETI. (2021). *Consultoría para la elaboración de los estudios y diseños definitivos del malecón área costera del cantón La Libertad, provincia de Santa Elena*.
- Botia Diaz, W. (2015). *MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS DE SUELOS Y MEMORIA DE CÁLCULO*. Universidad Militar de Nueva Granada.
- Brett, N. (2019). *Why We Should Care about Vulnerable Coastal Communities*. FIDA. <https://www.ifad.org/es/web/operations/-/proyecto/1100001621>
- Buill, F., Núñez, A., & Rodríguez, J. (2007). *Fotogrametría Arquitectónica* (UPC (ed.)).
- Cedeño, F., & Méndez, W. (2022). Coastal cliffs of the Ecuadorian South Pacific (Santa Elena Province) as geomorphological markers of susceptibility to coastal erosion. *Geociencias*, 41(1), 255–272.

<https://doi.org/10.5016/geociencias.v41i1.16317>

- Cedeño Velez, F., & Mendez Mata, W. (2022). Acantilados litorales del Pacífico sur de Ecuador (provincia Santa Elena) como marcadores geomorfológicos de susceptibilidad a la erosión litoral. *Geociências*, 41(1), 255–272. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5016/geociencias.v41i1.16317>
- Cendrero Uceda, A., Sánchez-Arcilla Conejo, A., & Zazo Cardeña, C. (2021). Impactos sobre las zonas costeras. In *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático* (pp. 469–524).
- Cevallos Alvarado, A. (2012). Néotectonique et cinématique de la déformation continentale en Equateur. In *Pour obtenir*. University de Greboble.
- Chunga, K., Ochoa-Cornejo, F., Mulas, M., Toulkeridis, T., & Menéndez, E. (2018). Characterization of seismogenic crustal faults in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. *Andean Geology*, 46(1), 66. <https://doi.org/10.5027/andgeoV46n1-2991>
- Chunga, K., Pazmiño, N., Martillo, C., Quiñonez, M., & Huaman, F. (2013). Estimación de máximos niveles de sismicidad para el Litoral Ecuatoriano a través de la integración de datos geológicos y sismo-tectónicos. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 1(2). <https://doi.org/10.26423/rctu.v1i2.17>
- Chunga, K., Stay Coello, D., Quiñónez Macias, M., Cahuana, N., Salinas Baquero, I., & Villacreses Viteri, C. (2020). Caracterización geomecánica de taludes de roca basáltica en la costa sur de Ecuador: implicaciones en su estabilidad. *Revista Tecnica De La Facultad De Ingenieria Universidad Del Zulia*, ve2020(2), 62–68. <https://doi.org/10.22209/rt.ve202020n2a09>
- Comisión Nacional del Derecho del Mar (CNDM), Institut de Recherche pour le Développement(IRD), & Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR). (2009). *Levantamiento Cuaternario costero del Arco de Talara (Ecuador y norte del Perú): cuantificaciones con las secuencias de terrazas marinas*. (J. I. Collot, V. Sallares, & N. Pazmiño (eds.); Primera Ed). Comisión Nacional del Derecho del Mar (CNDM).
- Del Río, L., & Gracia, J. (2007). Analysis of Atlantic cliff vulnerability to coastal erosion in the province of Cadiz. *C&G*, 21(1–2), 87–101. http://tierra.rediris.es/CuaternarioyGeomorfologia/images/vol21_1_2/Del

R%F3.pdf

- Earlie, C., Masselink, G., & Rusell, P. (2017). The role of beach morphology on coastal cliff erosion under extreme waves. *Earth Surface Processes and Landforms*, 43(6), 1213–1228.
- Eguez, A., Alvarado, A., Hugo, Y., Machette, M. N., Costa, C., & Dart, R. (2003). Database and Map of Quaternary faults and folds of Ecuador and its offshore regions. In *U.S. Geological Survey*.
- Escuela Politecnica del Litoral (ESPOL). (2006). *Estudio y diseño preeliminar para la recuperación de la playa de Salinas*. <http://www.pdpse.espol.edu.ec/documentos/proyectos/salinas/proyectos/geologia2004/geologia.pdf>
- Escuela Politecnica del Litoral (ESPOL). (2013). *Plan de Desarrollo Urbano cantonal de la Libertad*.
- Estrella Lima, O. A., & Rueda Zapata, B. A. (2023). *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* [Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/26945>
- Etchegoyen, M. del R. (2022). *Caracterización sísmica de la Formación Palermo Aike, Cuenca Austral, como Reservorio No Convencional a partir de un flujo interpretativo integrado* [Universidad Nacional de la Plata]. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/147651>
- Federici, P. R., & Rodolfi, G. (2001). Rapid shoreline retreat along the Esmeraldas coast, Ecuador: natural and man-induced processes. *Journal of Coastal Conservation*, 7(2), 163–170. <https://doi.org/10.1007/BF02742478>
- Ferrer, M., & Gonzales de Vallejo, L. (2007). *Manual De Campa Para La Descripcion Y Caracterizacion De Macizos Rocosos En Afloramientos* (2007 IGME (ed.)).
- García Ramírez, Y. (2019). *Cómo redactar una tesis en Ingeniería Civil* (Primera Ed).
- García Ramírez, Y. (2021). *Guía para la elaboración de planes de tesis en Ingeniería Civil* (UTPL (ed.); Primera).

- García Reyna, O. (2018). *Modelación del riesgo a deslizamientos de laderas inducidas por sismos en áreas vulnerables de la ciudad de Chilpancingo, Guerrero*. Universidad Autónoma de Guerrero.
- Goyes, P. (2009). Fondos Marinos de Soberanía y jurisdicción del Ecuador. In *Geología y geodésica marina y terrestre del Ecuador: desde la costa continental hasta las Islas Galápagos* (pp. 2–7). Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR).
- Gutiérrez Rodríguez, W. Á. (2023). Ensayo granulométrico de los suelos mediante el método del tamizado. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 6908–6927. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5834
- Gutscher, M.-A., Malavieille, J., Lallemand, S., & Collot, J.-Y. (1999). Tectonic segmentation of the North Andean margin: impact of the Carnegie Ridge collision. *Earth and Planetary Science Letters*, 168(3–4), 255–270. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(99\)00060-6](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(99)00060-6)
- Hamasur, G. A. (2023). Geological strength index-slope: an adaptation of the geological strength index system for use in the rock slope stability assessment. *Brazilian Journal of Geology*, 53(1). <https://doi.org/10.1590/2317-4889202320220044>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (Editorial).
- Ibarra Marinas, D., & Belmonte Serrano, F. (2007). *Comprendiendo el litoral: Dinámica y procesos*. Universidad de Murcia.
- Kennett, J. (1982). *Marine Geology*. Prentice Hall.
- Khurshid, M. N., Khan, A. H., Rehman, Z. ur, & Chaudhary, T. S. (2022). The Evaluation of Rock Mass Characteristics against Seepage for Sustainable Infrastructure Development. *Sustainability*, 14(16), 10109. <https://doi.org/10.3390/su141610109>
- Lehmann, G. (1975). *Fotogrametría* (Técnicos Asociados).
- López, E., Del Pozo Moreira, A., & Chancay, J. (2008). *Línea Base para el Plan de Manejo del Sitio Arqueológico - Patrimonial Samarina*.
- Mendoza Loayza, J. A. (2007). *ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE*

SUELOS DE GRAN ALTURA EN LA MINA ANTAPACCAI.

- Norma Ecuatoriana de la Construcción, (2015). <http://cici.org.ec/wp-content/uploads/2017/12/NEC-SE-DS.pdf>
- Moreno-Alcívar, L. (2014). *CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS DE LOS SUELOS QUE COMPONEN LA FORMACIÓN ANCÓN, AFLORANTE ENTRE LAS POBLACIONES DE ANCÓN Y ANCONCITO EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA*. Universidad de Guayaquil.
- Moreno-Alcívar, L., Muñoz-Rosado, M., & Ramírez-Palma, R. (2019). CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE SUELOS DEL PERFIL COSTERO ENTRE ANCÓN Y ANCONCITO. *CIENCIA UNEMI*, 12(31), 40–53. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol12iss31.2019pp40-53p>
- Moreno Alcivar, L. C., Carrión Mero, P. C., Deza Navarrete, C. A., Muñoz Rosado, M., Grijalva Endara, A. M., & Pincay Alejandro, M. Y. (2021). Coastline modification at worldwide. *Manglar*, 18(3), 317–328. <https://doi.org/10.17268/manglar.2021.042>
- Mourier, T., Megard, F., Reyes R., L., & Perdo Arguedas, A. (1988). L'évolution mésozoïque des Andes de Huancabamba (nord Perou-sud Equateur) et l'hypothèse de l'accrétion du bloc Amotape-Tahuin. *Bulletin de La Société Géologique de France*, IV(1), 69–79. <https://doi.org/10.2113/gssgfbull.IV.1.69>
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*.
- Nascimento Santos, A., Da Silva Pinto, A. C., Do Nascimento, L., & María, L. D. J. (2007). A ocupação urbana na orla da Costa das Baleias, Estado da Bahia: suscetibilidade a danos econômicos em função da dinâmica costeira. *Geociências*, 26(2).
- Ñaupas Paitán, H. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (Cuarta). <http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/B0028.pdf>
- Nieto, N. E. (2018). Tipos de Investigación. *Universidad Santo Domingo de Guzmán*, 1(1), 1–4. <https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>
- Nuñez del Arco, E. (2003). *Geología del Ecuador*. FACULTAD DE CIENCIAS

DE LA TIERRA - ESPOL.

- Nuñez del Arco, E., & Dugas, F. (1986). *Guía Geológica del Sur Oeste de la Costa Ecuatoriana*. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers14-07/21572.pdf
- Ochoa Mayo, I. (2022). *Informe Geofísico Hotel Samarina*.
- Palacios Gonzalez, E. F., & Reyes Villón, C. R. (2023). *Análisis comparativo de los parámetros de resistencia al corte de muestras alteradas e inalteradas en suelos de la zona norte del cantón Santa Elena para establecer rangos de variación de los resultados* [Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9208>
- Pedoja, K., Dumont, J.-F., & Ortlieb, L. (2009). Levantamiento Cuaternario costero del Arco de Talara (Ecuador y norte del Perú): cuantificaciones con las secuencias de terrazas marinas. In INOCAR (Ed.), *Geología y geodésica marina y terrestre del Ecuador : desde la costa continental hasta las Islas Galápagos* (p. 269). INOCAR. <https://www.igepn.edu.ec/publicaciones-para-la-comunidad/comunidad-espanol/36-geologia-y-geofisica-marina-y-terrestre-del-ecuador/file>
- Ponce-Calderón, M. E., Olivo-Garrido, M. de L., Ponce-Vásquez, R., & Alejandro. (2016). Caracterización de un ambiente costero sector Sabaneta de la Palma en la Parroquia San José Municipio Miranda, Estado Zulia. *Terra*, XXXIII(52), 41–69. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72148468003>
- Porras Zamora, J. A. (2021). *La estabilidad de talud en la vía Moyaccasa – Pulcay con Geoceldas como alternativa de estabilización distrito Huaccana, Chincheros, Apurímac 2021*.
- Quinde Martinez, P., & Reinoso Angulo, E. (2016). Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la Ciudad de Cuenca. *Ingeniería Sísmica*, 94.
- Ramírez Oyanguren, P., & Alejano Monge, L. (2004). Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes: Journal of Chemical Information and Modeling. In *Journal of Chemical Information and Modeling*. https://oa.upm.es/14183/1/MECANICA_DE_ROCAS_1.pdf

- Rivera Zeta, M., Piedra Rubio, R., & Paripanga García, Y. (2016). Ensayos Geofísicos de Refracción Sísmica y de Medición de Ondas de Corte (MASW y MAM) para usos de cimentación en obras de edificaciones. *CIVILIZATE*, 8.
- Rodríguez Castellanos, A., Miranda Vázquez, A., Almaguer Delgado, A., & Bombino Matos, E. (2013). La investigación científica educativa en estudiantes de la salud. Problemas y desafíos. *MEDISAN*, 17, 9299–9306. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=368445000013>
- Rodríguez Da Silva, R., Pinheiro, L., Ximenes Neto, A., & Onofre De Morais, J. (2020). MAPEAMENTO LIDAR NAS FALÉSIAS COSTEIRAS DO LESTE CEARENSE (NORDESTE DO BRASIL) LIDAR MAPPING IN THE COASTAL CLIFFS OF EAST MAPEAMENTO LIDAR NAS FALÉSIAS COSTEIRAS DO LESTE CEARENSE (NORDESTE DO BRASIL) LIDAR MAPPING IN THE COASTAL CLIFFS OF EAST CEARE. *Geociencias*, 39(July).
- Rodríguez Jiménez, A., & Pérez Jacinto, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 82, 175–195. <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
- Romana, M. (1985). New Adjustment Ratings for Application of Bieniawski Classification to Slopes. *Proceedings of the International Symposium on the Role of Rock Mechanics in Excavations for Mining and Civil Works*, 49–53.
- Romana, M., Serón, J., & Montalar, E. (2003). SMR Geomechanics classification: Application, experience and validation. *Technology Roadmap for Rock Mechanics, South African Institute of Mining and Metallurgy*.
- Saltos, A., Ramírez, R., Lindao, P., & Garces, J. (2015). Evaluación estructural y rehabilitación sísmica del Hotel Samarina de propiedad de la Universidad Península de Santa Elena, para la creación de un modelo disipador de energía. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3(1), 55–64. <https://doi.org/10.26423/rctu.v3i1.67>
- Sanchez Carlessi, H., & Reyes Meza, C. (2015). *Metodología y diseños en la investigación científica*. Biblioteca Nacional del Peru.

- Sánchez Cuadros, E. (2003). *Diseño De Las Obras De Protección Costera Del Malecón De La Libertad, Provincia Del Guayas*. 125.
- Santana, J., De La Rosa, J., & Lopez Reyes, E. X. (2014). Prácticas funerarias de la Cultura Guangala en el sitio arqueológico OGSE-46 Samarina (Santa Elena, Ecuador). *XIII Congreso de La Asociación Latinoamericana de Antropología Biológica*.
- Silva Casarín, R., Villatoro Lacouture, M., Ramon Durán, F., Pedroza Paez, D., Ortiz Perez, M., Mendoza Baldwin, E., Delgadillo Casadilla, M., Carmén, E. C. M. Del, Angélica, F. D., & Cid Salinas, A. (2014). *Caracterización de la zona costera y planeamiento de elementos técnicos para la elaboración de criterios de regulación y manejo sustentable* (Universidad Nacional Autónoma de México (ed.)). Instituto de Ingeniería.
- Soledispa, B. (2009). *Acta Oceanográfica del Pacífico Vol. 15: Características geomorfológicas y sedimentológicas de la bahía de Santa Elena*. <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/publicaciones/actas-oceanograficas/file/242-caracteristicas-geomorfologicas-y-sedimentologicas-de-la-bahia-de-santa-elena>
- Suárez Díaz, J. (2009). *Deslizamientos*. Universidad Industrial de Santander.
- Trenhaile, A. (1987). *The Geomorphology of Rock Coast* (Vol. 43, Issue 2). Department of Earth Sciences.
- Triana Peña, N. D. (2023). *Identificación de procedimientos para ensayos de suelos en el laboratorio según las normas INVIAS en la empresa construsuelos de Colombia S.A.S.*
- Uberlaker, D. (1988). Human Remains from OGSE-46 La Liberated, Guayas Province, Ecuador. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 78(1), 3–16.
- Valiente Sanz, R., Sobrecases Martí, S., & Díaz Orrego, A. (2015). Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo. *Revista Civilizate, 1*. <http://hdl.handle.net/10251/76781>
- Vanneschi, C., Rindinella, A., & Salvini, R. (2022). Hazard Assessment of Rocky Slopes: An Integrated Photogrammetry–GIS Approach Including Fracture Density and Probability of Failure Data. *Remote Sensing*, 14(6), 1438.

<https://doi.org/10.3390/rs14061438>

Vásquez Hidalgo, I. (2016). Tipos de estudio y métodos de investigación. *UNAM*.

<https://www.rua.unam.mx/portal/recursos/ficha/16723/tipos-de-estudio-y-metodos-de-investigacion>

Vera Álava, M., Chunga Morán, K., & Cevallos Mendoza, I. (2021). Evaluación de la vulnerabilidad de la línea de costa para apoyar los desarrollos sostenibles de poblados costeros en Manabí, Ecuador. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada Yachasun*, 5(8), 51–66.

ANEXOS

- **ANEXO A. DATOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**
 - **HUMEDAD**
 - **GRAVEDAD ESPECÍFICA**
 - **LÍMITES DE ATTERNERG**
 - **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**
 - **CORTE DIRECTO.**

- **ANEXO B. FOTOGRAFÍAS**
 - **CALICATAS**
 - **ENSAYOS DE LABORATORIO**
 - **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA**

ANEXO A

ANEXO A - 1

Humedad - Muestra "La Libertad Campus Samarina"

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
TEMA:	"FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"				
TUTOR:	ING. LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCÍVAR PHD.				
TESISTAS:	CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA, GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA				
ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
UBICACIÓN	LA LIBERTAD-CAMPUS SAMARINA	COORDENADAS	NORTE	9754713	
CALICATA #:	2		ESTE	509029	
N° de Recipiente	HELEN				
Peso de recipiente	27,09				
Peso de Rec. + Peso de Suelo Hum. (W1)	276,90				
Peso de Rec.+ Peso de Suelo Seco (W2)	271,86				
Peso de Agua (Ww=W1-W2)	5,04				
Peso de suelo seco (Ws=W2-Wr)	244,77				
Contenido de humedad $w=(Ww/Ws)*100$	2,06				

ANEXO A - 2

Gravedad Especifica - Muestra "La Libertad Campus Samarina"

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																																													
TEMA:	"FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"																																													
TUTOR:	ING. LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCÍVAR PHD.																																													
TESISTAS:	CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA, GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA																																													
ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA																																														
UBICACIÓN	LA LIBERTAD-CAMPUS SAMARINA	COORDENADAS	NORTE	9754713																																										
CALICATA #:	2		ESTE	509029																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">TEMPERATURA DEL AGUA C</th> <th style="width: 33%;">DENSIDAD REL. AGUA</th> <th style="width: 33%;">FACTOR DE CONVERSIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>18</td><td>0,9986244</td><td>1,0004</td></tr> <tr><td>19</td><td>0,9984341</td><td>1,0002</td></tr> <tr><td>20</td><td>0,9982343</td><td>1,0000</td></tr> <tr><td>21</td><td>0,9980233</td><td>0,9998</td></tr> <tr><td>22</td><td>0,9978019</td><td>0,9996</td></tr> <tr><td>23</td><td>0,9975702</td><td>0,9993</td></tr> <tr><td>24</td><td>0,9973286</td><td>0,9991</td></tr> <tr><td>25</td><td>0,9970770</td><td>0,9989</td></tr> <tr><td>26</td><td>0,9968156</td><td>0,9986</td></tr> <tr><td>27</td><td>0,9965451</td><td>0,9983</td></tr> <tr><td>28</td><td>0,9962652</td><td>0,9980</td></tr> <tr><td>29</td><td>0,9959761</td><td>0,9977</td></tr> <tr><td>30</td><td>0,9956780</td><td>0,9974</td></tr> </tbody> </table>					TEMPERATURA DEL AGUA C	DENSIDAD REL. AGUA	FACTOR DE CONVERSIÓN	18	0,9986244	1,0004	19	0,9984341	1,0002	20	0,9982343	1,0000	21	0,9980233	0,9998	22	0,9978019	0,9996	23	0,9975702	0,9993	24	0,9973286	0,9991	25	0,9970770	0,9989	26	0,9968156	0,9986	27	0,9965451	0,9983	28	0,9962652	0,9980	29	0,9959761	0,9977	30	0,9956780	0,9974
TEMPERATURA DEL AGUA C	DENSIDAD REL. AGUA	FACTOR DE CONVERSIÓN																																												
18	0,9986244	1,0004																																												
19	0,9984341	1,0002																																												
20	0,9982343	1,0000																																												
21	0,9980233	0,9998																																												
22	0,9978019	0,9996																																												
23	0,9975702	0,9993																																												
24	0,9973286	0,9991																																												
25	0,9970770	0,9989																																												
26	0,9968156	0,9986																																												
27	0,9965451	0,9983																																												
28	0,9962652	0,9980																																												
29	0,9959761	0,9977																																												
30	0,9956780	0,9974																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td colspan="2">Temperatura °C</td><td style="text-align: center;">30</td></tr> <tr><td colspan="2">Peso recipiente</td><td style="text-align: center;">159,05</td></tr> <tr><td colspan="2">Recipiente + Ws</td><td style="text-align: center;">359,05</td></tr> <tr><td>Frasco + agua</td><td>Wbw</td><td style="text-align: center;">658,7</td></tr> <tr><td>Frasco + agua + suelo</td><td>Wbws</td><td style="text-align: center;">781,9</td></tr> <tr><td colspan="2">Ws</td><td style="text-align: center;">200</td></tr> <tr><td colspan="2">Ws + Wbw</td><td style="text-align: center;">858,7</td></tr> <tr><td colspan="2">Ws + Wbw - Wbws</td><td style="text-align: center;">76,8</td></tr> <tr><td colspan="2">Factor de corrección K</td><td style="text-align: center;">0,9974</td></tr> <tr><td colspan="2">Ws * k / (Ws + Wbw - Wbws)</td><td style="text-align: center;">2,597</td></tr> </tbody> </table>					Temperatura °C		30	Peso recipiente		159,05	Recipiente + Ws		359,05	Frasco + agua	Wbw	658,7	Frasco + agua + suelo	Wbws	781,9	Ws		200	Ws + Wbw		858,7	Ws + Wbw - Wbws		76,8	Factor de corrección K		0,9974	Ws * k / (Ws + Wbw - Wbws)		2,597												
Temperatura °C		30																																												
Peso recipiente		159,05																																												
Recipiente + Ws		359,05																																												
Frasco + agua	Wbw	658,7																																												
Frasco + agua + suelo	Wbws	781,9																																												
Ws		200																																												
Ws + Wbw		858,7																																												
Ws + Wbw - Wbws		76,8																																												
Factor de corrección K		0,9974																																												
Ws * k / (Ws + Wbw - Wbws)		2,597																																												

ANEXO A - 3

Limites Atternerg - Muestra "La Libertad Campus Samarina"



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

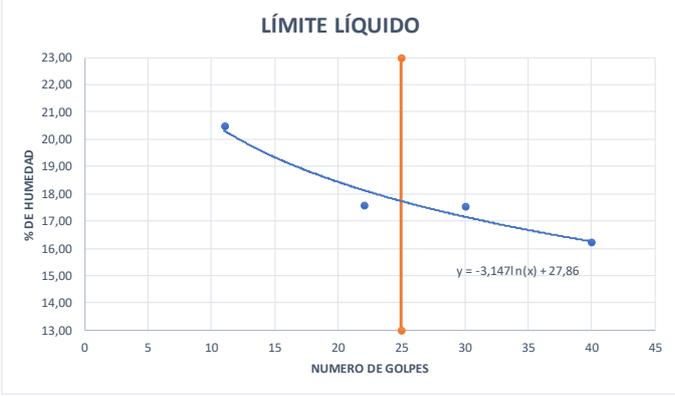


TEMA:	"FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"
TUTOR:	ING. LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCÍVAR PHD.
TESISTAS:	CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA, GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG

UBICACIÓN	LA LIBERTAD-CAMPUS SAMARINA	COORDENADAS	NORTE	9754713
CALICATA	2		ESTE	509029

DATOS	LÍMITE LIQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO			
	1	2	3	4	1	2	3	4
N° ENSAYOS								
N° Recipiente	R1	CI	K2	HD	W5	P5	H4	
Peso de recipiente (Wr)	16,67	17,01	16,68	16,53	9,71	8,98	6,13	
Peso de Rec. + Peso de Suelo Hum. (W1)	37,32	40,80	38,60	45,15	16,95	17,06	14,17	
Peso de Rec. + Peso suelo seco (W2)	33,81	37,24	35,33	41,15	16,02	16,02	13,15	
Peso de agua Ww=W1-W2	3,51	3,56	3,27	4,00	0,93	1,04	1,02	
Peso de suelo seco Ws=W2-Wr	17,14	20,23	18,65	24,62	6,31	7,04	7,02	
Contenido de Humedad w	20,48	17,60	17,53	16,25	14,74	14,77	14,53	
Número de golpes	11	22	30	40				



LÍMITE LÍQUIDO

LÍMITE PLÁSTICO (PL)	15
LÍMITE LIQUIDO (LL)	18
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI) (LL-PL)	3

ANEXO A - 4

Análisis Granulométrico - Muestra "La Libertad Campus Samarina"

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
TEMA:	"FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"		
TUTOR:	ING. LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCÍVAR PHD.		
TESISTAS:	CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA, GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA		

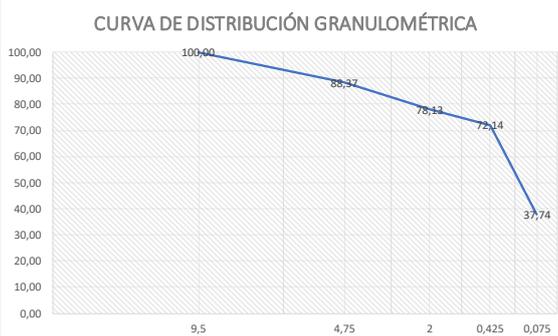
DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS NORMA ASTM D-422				
--	--	--	--	--

UBICACIÓN:	LA LIBERTAD-CAMPUS SAMARINA	COORDENADAS:	NORTE	9754713
CALICATA:	2		ESTE	509029

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD	SERIE
RECIPIENTE N°	K
MASA DE RECIP. + MUESTRA HUM. (P1)	276,9
MASA DE RECIP. + MUESTRA SECA (P2)	271,86
MASA DE AGUA (P3= P1-P2)	5,04
MASA DEL RECIPIENTE (P4)	27,09
MASA DE MUESTRA SECA (P5= P2-P4)	244,77
% DE HUMEDAD (W=P3*100/P5)	2,059

SERIE GRUESA			
TAMIZ ASTM ABERTURA/N°	MASA RETENIDA		% PASANT.
	PARCIAL	ACUMULADA	ACUMULADA
600, mm	24 "		
300, mm	12 "		
150, mm	3 1/2 "		
75, mm	3 "		
63, mm	2 1/2 "		
50, mm	2 "		
38,1 mm	1 1/2 "	0,00	100,00
25, mm	1 "	0,00	100,00
19, mm	3/4 "	0,00	100,00
12,5 mm	1/2 "	0,00	100,00
9,5 mm	3/8 "	0,00	100,00
4,75 mm	N°4	28,46	27,89
Pasa N° 4		216,31	211,95

SERIE FINA					
TAMIZ ASTM ABERTURA/N°		MASA RETENIDA		% PASANT.	% PASANTE
		PARCIAL	CUMULADA	CUMULADA	CORREGIDO
2,36 mm	N° 8				
2, mm	N° 10	28,36	28,36	88,41	78,13
1,18 mm	N° 16				
0,85 mm	N° 20				
0,60 mm	N° 30				
0,425 mm	N° 40	16,61	44,97	81,63	72,14
0,3 mm	N° 50				
0,15 mm	N° 100				
0,075 mm	N° 200	95,28	140,25	42,70	37,74
PASA N° 200					
MASA INICIAL DEL MATERIAL PARA EL LAVADO=					249,81
MASA FINA CORREGIDA POR HUMEDAD DE LOS FI					244,77
MASA SECA TOTAL DEL MATERIAL UTILIZADO PAI					239,83



CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA

DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS (%)		
PEDRÓN RODADO (>12")		0
CANTO RODADO (12"-3")		0
GRAVA (3"-N°4)	GRUESA (3"-3/4")	0,00
	FINA (3/4"-N°4)	11,63
ARENA (N°4-N°200)	GRUESA (N°4-N°10)	10,24
	MEDIA (N°10-N°40)	6,00
	FINA (N°40-N°200)	34,40
FINOS (>N°200)		37,74

Coeficiente de filtro	
D15	Cu
D30	Cc
D60	0,2305
D50	0,1392

CLASIFICACIÓN AASHTO		INDICE DE GRUPO (IG)
A-5	Suelos Limosos	0
CLASIFICACIÓN SUCS		
ML	Limos inorganicos de baja comprensibilidad	

LP	15
LL	18
IP	3

ANEXO A – 5

Corte Directo - Muestra “La Libertad Campus Samarina”

		TESIS DE GRADO: FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR						
DETERMINACIÓN DE DATOS PARA MUESTRAS REMOLDEADAS EN BASE A MUESTRAS INALTERADAS								
UBICACIÓN:		SAMARINA				CALICATA N°:		
COORDENADAS:		NORTE:	ESTE:	FECHA:		MUESTRA:	PROFUNDIDAD (m):	
		9754694,04	509066,54	10/6/2023		1	1,6	
DATOS PARA FABRICAR PROBETAS REMOLDEADAS								
Muestra N°	ANTES DEL ENSAYO				DESPUES DEL ENSAYO			
	W_{humedo} + W_{anillo} (gr)	W_{anillo} (gr)	V_{anillo} (gr)	γ_{humeda} IN SITU Kg/m³	W_{humedo} + W_{recipiente} (gr)	V_{muestra} m³	γ_{humeda} IN SITU Kg/m³	
1.A	201,52	108,22	0,0000606	1540,47	126,32	33,02	0,0000606	1540,47
1.B	181,78	87,28	0,0000606	1559,21	127,81	33,31	0,0000606	1559,21
1.C	202,33	105,60	0,0000606	1597,10	130,22	33,49	0,0000606	1597,10
							γ_{humeda} IN SITU Kg/m³	1565,60

ANEXO A – 6

Hidrómetro – Muestra 1 “La Libertad Campus Samarina”



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



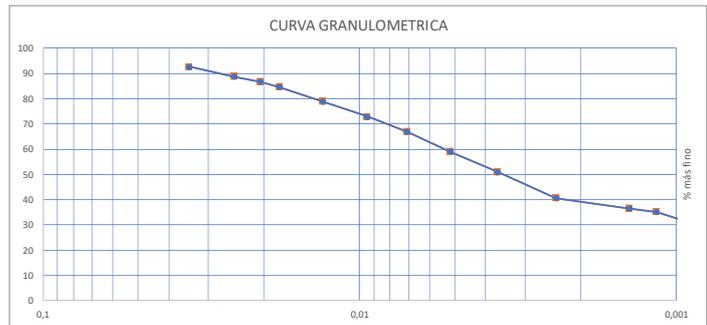
TEMA:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE MUESTRAS ALTERADAS E INALTERADAS EN SUELOS DE LA ZONA DE ESTUDIO UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD PARA ESTABLECER LOS RANGOS DE VARIACIÓN DE LOS RESULTADOS"
TUTOR:	ING. LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCÍVAR PHD.
TESISTAS:	GISELL KARINA CÁRDENAS SOUZA, KARLA ESTEFANÍA GÓMEZ SUAREZ

ENSAYO DE HIDROMETRO

UBICACIÓN	LA LIBERTAD-CAMPUS SAMARINA	MUESTRA :	1
-----------	-----------------------------	-----------	---

Factor por corrección de menisco				2		corrección del cero			3			CALCULO α	
Masa del suelo seca 50g	50	Tipo de hidrometro: 152 H		Gravedad específica	2,6	Corrección por agente floculante y punto cera (g/J):			5			0,99	
MUESTRA # 1													
Fecha	hora de lectura	temperatura C	Tiempo transcurrido min	Lectura real del hidrometro	Hidrometro corregido por menisco Rc	% mas fino	Hidrometro corregido por menisco R	Valor L cm	Valor L mm	L/T	Valor K	Diametro Particulas (um)	Ct
6/6/2023	14:28	30	1	40	46,80	92,664	49	8,3	83	8,30	0,0120	34,57	3,80
6/6/2023	14:29	30	2	38	44,80	88,704	47	8,6	86	4,30	0,0120	24,88	3,80
6/6/2023	14:30	30	3	37	43,80	86,724	46	8,8	88	2,93	0,0120	20,55	3,80
6/6/2023	14:34	30	4	36	42,80	84,744	45	8,9	89	2,23	0,0120	17,90	3,80
6/6/2023	14:38	30	8	33	39,80	78,804	42	9,4	94	1,18	0,0120	13,01	3,80
6/6/2023	14:46	30	16	30	36,80	72,864	39	9,9	99	0,62	0,0120	9,44	3,80
6/6/2023	15:28	30	30	27	33,80	66,924	36	10,4	104	0,35	0,0120	7,07	3,80
6/6/2023	14:29	30	60	23	29,80	59,004	32	11,1	111	0,19	0,0120	5,16	3,80
6/6/2023	16:28	30	125	19	25,80	51,084	28	11,7	117	0,09	0,0120	3,67	3,80
6/6/2023	19:00	28	330	15	20,50	40,59	23	12,5	125	0,04	0,0123	2,39	2,50
7/6/2023	6:00	28	990	13	18,50	36,63	21	12,9	129	0,01	0,0123	1,40	2,50
8/6/2023	14:30	30	1410	11	17,80	35,244	20	13,0	130	0,01	0,0120	1,15	3,80
9/6/2023	14:30	31	2850	8	14,80	29,304	17	13,5	135	0,00	0,0120	0,83	3,80

HIDROMETRO			
Diametro (um)	Diametro (mm)	% mas Fino	% finos corregidos
34,57	0,03457166	92,664	26,9003592
24,88	0,02488373	88,704	25,7507712
20,55	0,02055237	86,724	25,1759772
17,90	0,01789972	84,744	24,6011832
13,01	0,01300769	78,804	22,8768012
9,44	0,00943928	72,864	21,1524192
7,07	0,00706541	66,924	19,4280372
5,16	0,0051614	59,004	17,1288612
3,67	0,00367129	51,084	14,8296852
2,39	0,00239388	40,59	11,783277
1,40	0,00140405	36,63	10,633689
1,15	0,00115224	35,244	10,2313332
0,83	0,0008259	29,304	8,5069512



ANEXO A – 7

Hidrómetro – Muestra 2 “La Libertad Campus Samarina”



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



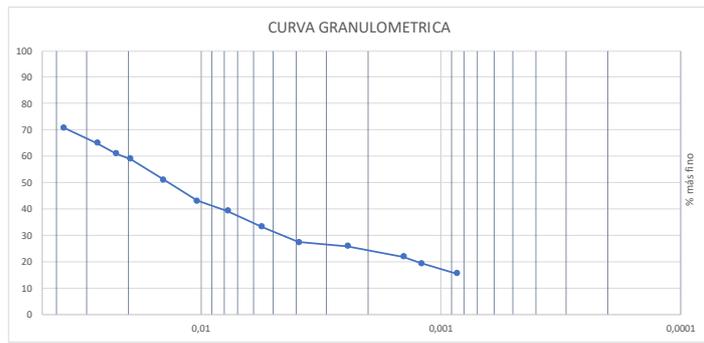
TEMA:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE MUESTRAS ALTERADAS E INALTERADAS EN SUELOS DE LA ZONA DE ESTUDIO UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD PARA ESTABLECER LOS RANGOS DE VARIACIÓN DE LOS RESULTADOS"
TUTOR:	ING. LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCÍVAR PHD.
TESISTAS:	GISSELL KARINA CÁRDENAS SOUZA, KARLA ESTEFANÍA GÓMEZ SUAREZ,

ENSAYO DE HIDROMETRO

UBICACIÓN	LA LIBERTAD-CAMPUS SAMARINA	MUESTRA :	2
-----------	-----------------------------	-----------	---

Factor por corrección de menisco		1		corrección del cero		1		CALCULO α					
Masa del suelo seca 50g	50	Gravedad específica	2,6	Corrección por agente floculante y punto cera (g/l):	5	0,99							
MUESTRA # 2													
Fecha	hora de lectura	temperatura C	Tiempo transcurrido min	Lectura real del hidrometro	Hidrometro corregido por menisco Rc	% mas fino	Hidrometro corregido por menisco R	Valor L cm	Valor L mm	L/T	Valor K	Diametro Particulas (um)	Ct
6/6/2023	2:51	30	1	31	35,80	70,884	37	9,7	97	9,70	0,0120	37,37	3,80
6/6/2023	2:52	30	2	28	32,80	64,944	34	10,2	102	5,10	0,0120	27,10	3,80
6/6/2023	2:53	30	3	26	30,80	60,984	32	10,6	106	3,53	0,0120	22,56	3,80
6/6/2023	2:54	30	4	25	29,80	59,004	31	10,7	107	2,68	0,0120	19,63	3,80
6/6/2023	2:58	30	8	21	25,80	51,084	27	11,4	114	1,43	0,0120	14,32	3,80
6/6/2023	3:05	30	16	17	21,80	43,164	23	12,0	120	0,75	0,0120	10,39	3,80
6/6/2023	3:20	30	30	15	19,80	39,204	21	12,4	124	0,41	0,0120	7,71	3,80
6/6/2023	3:50	30	60	12	16,80	33,264	18	12,9	129	0,22	0,0120	5,56	3,80
6/6/2023	3:50	30	125	9	13,80	27,324	15	13,3	133	0,11	0,0120	3,91	3,80
6/6/2023	7:50	29	330	9	13,05	25,839	14	13,5	135	0,04	0,0121	2,45	3,05
7/6/2023	8:00	29	990	7	11,05	21,879	12	13,8	138	0,01	0,0121	1,43	3,05
8/6/2023	2:50	30	1410	5	9,80	19,404	11	14,0	140	0,01	0,0121	1,21	3,80
9/6/2023	2:50	30	2850	3	7,80	15,444	9	14,3	143	0,01	0,0121	0,86	3,80

HIDROMETRO			
Diametro (um)	Diametro (mm)	% mas Fino	% finos corregidos
37,37	0,03737379	70,884	20,5776252
27,10	0,02709982	64,944	18,8532432
22,56	0,0225566	60,984	17,7036552
19,63	0,01962651	59,004	17,1288612
14,32	0,0143248	51,084	14,8296852
10,39	0,0103923	43,164	12,5305092
7,71	0,00771492	39,204	11,3809212
5,56	0,00556417	33,264	9,6565392
3,91	0,00391428	27,324	7,9321572
2,45	0,00244735	25,839	7,5010617
1,43	0,00142859	21,879	6,3514737
1,21	0,0012057	19,404	5,6329812
0,86	0,0008571	15,444	4,4833932



ANEXO A – 8

Hidrómetro – Muestra 3 “La Libertad Campus Samarina”



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



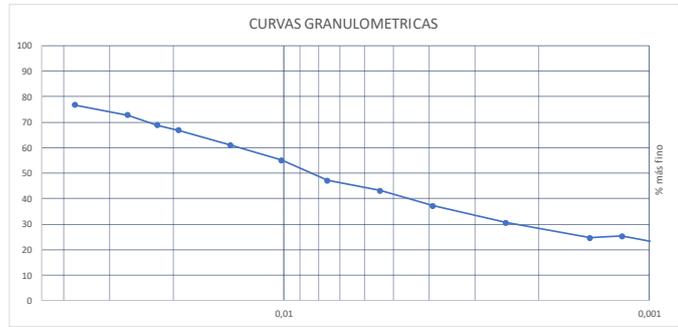
TEMA:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE MUESTRAS ALTERADAS E INALTERADAS EN SUELOS DE LA ZONA DE ESTUDIO UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD PARA ESTABLECER LOS RANGOS DE VARIACIÓN DE LOS RESULTADOS"
TUTOR:	ING. LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCÍVAR PHD.
TESISTAS:	GISSELL KARINA CÁRDENAS SOUZA, KARLA ESTEFANÍA GÓMEZ SUAREZ

ENSAYO DE HIDROMETRO

UBICACIÓN	LA LIBERTAD-CAMPUS SAMARINA	MUESTRA :	3
-----------	-----------------------------	-----------	---

Factor por corrección de menisco			2		corrección del cero				3		CALCULO α		
Masa del suelo seca 50g	50	Tipo de hidrometro: 152 H	Gravedad específica	2,6	Corrección por agente floculante y punto cera (g/l):				5	0,99			
MUESTRA # 3													
Fecha	hora de lectura	temperatura C	Tiempo transcurrido min	Lectura real del hidrometro	Hidrometro corregido por menisco Rc	% mas fino	Hidrometro corregido por menisco R	Valor L cm	Valor L mm	L/T	Valor K	Diametro Particulas (um)	Ct
6/6/2023	13:31	30	1	32	38,80	76,824	41	9,6	96	9,60	0,0120	37,18	3,80
6/6/2023	13:32	30	2	30	36,80	72,864	39	9,9	99	4,95	0,0120	26,70	3,80
6/6/2023	13:33	30	3	28	34,80	68,904	37	10,2	102	3,40	0,0120	22,13	3,80
6/6/2023	13:34	30	4	27	33,80	66,924	36	10,4	104	2,60	0,0120	19,35	3,80
6/6/2023	13:38	30	8	24	30,80	60,984	33	10,9	109	1,36	0,0120	14,01	3,80
6/6/2023	14:05	30	16	21	27,80	55,044	30	11,4	114	0,71	0,0120	10,13	3,80
6/6/2023	0:00	30	30	17	23,80	47,124	26	12,0	120	0,40	0,0120	7,59	3,80
6/6/2023	14:30	30	60	15	21,80	43,164	24	12,4	124	0,21	0,0120	5,46	3,80
6/6/2023	15:30	30	125	12	18,80	37,224	21	13,3	133	0,11	0,0120	3,91	3,80
6/6/2023	18:30	28	330	10	15,50	30,69	18	13,3	133	0,04	0,0123	2,47	2,50
7/6/2023	8:00	28	990	7	12,50	24,75	15	13,8	138	0,01	0,0123	1,45	2,50
8/6/2023	13:31	30	1410	6	12,80	25,344	15	13,8	138	0,01	0,0120	1,19	3,80
9/6/2023	13:31	30	2850	4	10,80	21,384	13	14,2	142	0,00	0,0120	0,85	3,80

HIDROMETRO			
Diametro (um)	Diametro (mm)	% mas Fino	% finos corregidos
37,18	0,03718064	76,824	22,3020072
26,70	0,02669831	72,864	21,1524192
22,13	0,02212691	68,904	20,0028312
19,35	0,01934942	66,924	19,4280372
14,01	0,01400714	60,984	17,7036552
10,13	0,01012917	55,044	15,9792732
7,59	0,00758947	47,124	13,6800972
5,46	0,00545527	43,164	12,5305092
3,91	0,00391428	37,224	10,8061272
2,47	0,0024693	30,69	8,909307
1,45	0,0014522	24,75	7,184925
1,19	0,00118717	25,344	7,3573632
0,85	0,00084704	21,384	6,2077752



ANEXO B – 1



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA
- GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

ANEXO FOTOGRÁFICO

RECONOCIMIENTO DE EFECTACIONES A INFRAESTRUCTURA DEL HOTEL





UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA
- GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

ANEXO FOTOGRÁFICO

RECONOCIMIENTO DE EFECTACIONES A INFRAESTRUCTURA DEL HOTEL



ANEXO B – 2



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



TEMA: "FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA
- GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

ANEXO FOTOGRÁFICO

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL HOTEL SAMARINA





UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA
- GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

ANEXO FOTOGRÁFICO

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL HOTEL SAMARINA





UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA
- GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

ANEXO FOTOGRÁFICO

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL HOTEL SAMARINA



ANEXO B – 3



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA
- GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

ANEXO FOTOGRÁFICO

FOTOGRAMETRÍA





UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA
- GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

ANEXO FOTOGRÁFICO

FOTOGRAMETRÍA



ANEXO B – 3



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA
- GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

ANEXO FOTOGRÁFICO

EXTRACCIÓN DE MUESTRA DE SUELO "CALICATA"



ANEXO B – 4



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA
- GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

ANEXO FOTOGRÁFICO

VISITA TÉCNICA CON ING. ANTONIO BUENAÑO



ANEXO B – 5



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA
- GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

ANEXO FOTOGRÁFICO

ENSAYOS DE LABORATORIO "GRANULOMETRÍA"



ANEXO B – 6



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



TEMA: "FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"

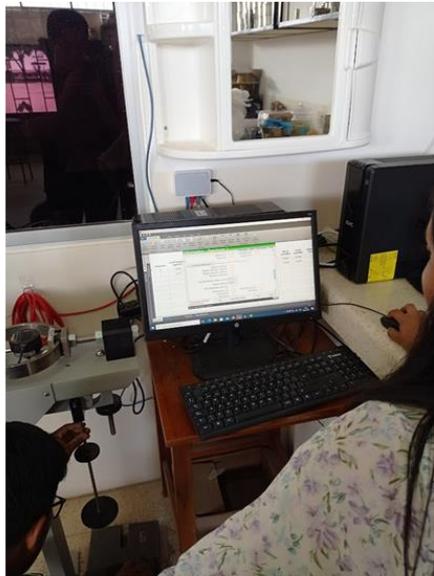
TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA
- GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

ANEXO FOTOGRÁFICO

ENSAYOS DE LABORATORIO "CORTE DIRECTO"





UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

- TESISTAS:**
- CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA
 - GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

ANEXO FOTOGRÁFICO

ENSAYOS DE LABORATORIO "CORTE DIRECTO"



TYPE	PEAK VALUES	UNITS
LOAD	18.5	lbf
HORIZONTAL DISPLACEMENT	0.4017	in
VERTICAL DISPLACEMENT	0.0000	in
Temperature @ START	24.8	°C
Temperature @ FINISH	24.9	°C

Points Recorded: 53

ANEXO B – 7



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA
- GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

ANEXO FOTOGRÁFICO

EXTRACCIÓN DE MUESTRA DE SUELO "CALICATA"



ANEXO B – 8



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



TEMA: "FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA
- GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

ANEXO FOTOGRÁFICO

EXTRACCIÓN DE MUESTRA DE SUELO "MUESTRA INALTERADA CON MOLDE METALICO"



ANEXO B – 9



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA
- GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

ANEXO FOTOGRÁFICO

ENSAYOS DE LABORATORIO "HIDROMETRO"





UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA: "FACTORES GEOAMBIENTALES QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL HOTEL SAMARINA UBICADO EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, ECUADOR"

TUTOR: ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR PHD.

TESISTAS:

- CÁRDENAS SOUZA GISELL KARINA
- GÓMEZ SUÁREZ KARLA ESTEFANÍA

ANEXO FOTOGRÁFICO

ENSAYOS DE LABORATORIO "HIDROMETRO"

