



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD DE LA ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS

NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO

TERRITORIAL

Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial.

“LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA VÍA INTERVALLES DE LA ABSCISA 13+300 A 16+400 DEL BARRIO LA MERCED, PARROQUIA EL TAMBO, CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA”

AUTOR:

Adrián Fernando Jiménez Estrella

DIRECTOR:

Ing. Oscar A. Estrella Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2022



unl

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico estructural de la vía Intervalles de la abscisa 13+300 a 16+400 del barrio La Merced, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja”

CERTIFICACIÓN



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Facultad
de la Energía, las Industrias y los
Recursos Naturales No Renovables

CARRERA DE INGENIERIA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Loja, 15 de Septiembre del 2021

Ing. Oscar Adrián Estrella Lima MSc.

DIRECTOR DE TESIS

DOCENTE CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

DOCENTE CARRERA DE INGENIERÍA EN MINAS

CERTIFICA

Que el señor, **ADRIAN FERNANDO JIMÉNEZ ESTRELLA**, con CI: **1104187172**, egresado de la Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial en el periodo académico Octubre 2020 - Abril 2021, ha desarrollado su Trabajo de Titulación denominado: **“LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA VÍA INTERVALLES DE LA ABCISA 13+300 A 16+400, DEL BARRIO LA MERCED, PARROQUIA EL TAMBO, CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA”**, del cual se ha dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo investigativo.

Con este antecedente, siendo las 13H30 del día 15 de septiembre del 2021, se certifica que el egresado **ADRIAN FERNANDO JIMÉNEZ ESTRELLA** ha cumplido hasta la fecha con el **CIEN POR CIENTO (100%) DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**, y está en condiciones de continuar con los procesos legales que correspondan y autorizo su presentación para la evaluación, sustentación y defensa de su trabajo de investigación.

Particular que certifico para los fines pertinentes.

Ing. Oscar Adrián Estrella Lima MSc.
DIRECTOR DE TESIS



unl

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico estructural de la vía Intervalles de la abscisa 13+300 a 16+400 del barrio La Merced, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja”

AUTORÍA

Yo, **ADRIÁN FERNANDO JIMÉNEZ ESTRELLA** declaro ser autor del proyecto de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula: 1104187172

Fecha: 17 de Marzo de 2022



unl

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico estructural de la vía Intervalles de la abscisa 13+300 a 16+400 del barrio La Merced, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja”

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, ADRIÁN FERNANDO JIMÉNEZ ESTRELLA, declaro ser el autor de la tesis titulada: **“LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA VÍA INTERVALLES DE LAS ABSCISAS 13+300 A 16+400 DEL BARRIO LA MERCED, PARROQUIA EL TAMBO, CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA”** como requisito para optar al grado de: INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los diecisiete días del mes de marzo de dos mil veintidós.

Firma:

Autor: Adrián Fernando Jiménez Estrella

Cédula: 1104187172

Dirección: Ecuador, Loja, calles Rosario Castellanos y Rubén Darío

Correo electrónico: afjimeneze@unl.edu.ec

Teléfono: 072710686 **Celular:** 0959970249

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Tesis: Ing. Óscar Adrián Estrella Lima, Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg, Sc.

Ing. Fermín Alexander González Sisalima, Mg, Sc.

Ing. Carlos Danilo Ortega Vallejo, Mg, Sc.



unl

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico estructural de la vía Intervalles de la abscisa 13+300 a 16+400 del barrio La Merced, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja”

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo va dedicado a todas las personas que han estado ahí en el transcurso de mi vida cotidiana y universitaria, a mi familia que siempre me apoyó en todo el trayecto, a mis amigos, primos y compañeros que fueron dándome ánimos y consejos a lo largo de todo este proceso.

Adrián Jiménez Estrella



unl

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico estructural de la vía Intervalles de la abscisa 13+300 a 16+400 del barrio La Merced, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja”

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Loja, por permitirme entrar a su alma mater y brindarme la localía y los conocimientos necesarios durante todos estos años.

A todos los docentes de la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, que sus enseñanzas fueron vitales para el desarrollo de este trabajo.

A los miembros de mi tribunal, los ingenieros Walter, Fermín y Danilo, por haberme colaborado con el proceso de revisión y corrección de mi proyecto.

Al Ing. Oscar Estrella por guiarme, corregirme y asesorarme durante todo el proceso de desarrollo de mi investigación.

Agradezco infinitamente a mi familia, ya que ellos han sido parte importante de mi vida universitaria, en especial a mis padres Washington y Mónica, que fueron los pilares fundamentales para convertirme en la persona hoy en día y el buen profesional que seré en el futuro.

A mis hermanos, Christian y Bryan, que fueron parte fundamental dándome el apoyo incondicional para la realización de este trabajo y a mi hermana Ivonne que, por designios de la vida, partió de este mundo ya hace más de una década.

A mis amigos y compañeros que directa e indirectamente han sido parte de este trayecto, con sus consejos y observaciones.

Adrián Jiménez Estrella



ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
1. TÍTULO	1
2. RESUMEN.....	2
3. INTRODUCCIÓN	6
4. MARCO TEÓRICO	8
4.1. Geología	8
4.1.1. Geología Estructural.....	8
4.2. Litología	12
4.2.1. Rocas Ígneas intrusivas	12
4.2.2. Rocas Volcánicas o Ígneas Extrusivas.....	13
4.2.3. Rocas Metamórficas.....	14
4.2.4. Rocas Sedimentarias	15
4.3. Topografía	16
4.4. Geomorfología	16
4.5. Hidrogeología	17
4.6. Levantamiento Topográfico	17



4.7.	Fotogrametría.....	17
4.8.	Mapeo geológico.....	18
4.9.	Estudios Relacionados.....	19
5.	METODOLOGÍA.....	20
5.1.	Materiales.....	20
5.2.	Método.....	21
5.3.	Metodología.....	21
5.3.1.	Metodología para el primer objetivo.....	21
5.3.2.	Metodología para el segundo objetivo.....	27
5.3.3.	Metodología para el tercer objetivo.....	28
6.	RESULTADOS.....	29
6.1.	Descripción General del Área de Estudio.....	29
6.1.1.	Ubicación y Acceso.....	29
6.1.1.1.	Ubicación.....	29
6.1.1.2.	Acceso.....	30
6.1.2.	Datos Generales.....	30
6.1.3.	Clima.....	31
6.1.3.1.	Temperatura.....	31
6.1.3.2.	Precipitación.....	31
6.1.4.	Flora y Fauna.....	31
6.1.4.1.	Flora.....	31
6.1.4.2.	Fauna.....	32
6.1.5.	Uso de suelo.....	32
6.1.6.	Hidrografía.....	33
6.1.7.	Geología Regional.....	33
6.1.7.1.	Unidad Chigüinda.....	33
6.1.7.2.	Formación Loma Blanca (Oligoceno).....	34
6.1.7.3.	Formación San José (Mioceno Superior).....	34



6.1.7.4.	Formación Santo Domingo (Mioceno Medio).....	35
6.2.	Resultados de Campo.....	37
6.2.1.	Topografía y Pendientes	37
6.2.1.1.	Topografía.....	37
6.2.1.2.	Perfiles Topográficos	39
6.2.1.3.	Pendientes	42
6.2.2.	Fotointerpretación	44
6.2.3.	Geomorfología y Relieve.....	45
6.2.3.1.	Relieve Colinado Medio (RCM).....	45
6.2.3.2.	Relieve Colinado Bajo (RCB).....	46
6.2.3.3.	Relieve Colinado Muy Bajo (RCMB).....	46
6.2.3.4.	Glacis de esparcimiento (GE).....	47
6.2.3.5.	Terraza media (TM)	47
6.2.3.6.	Valle en V (VV)	48
6.2.4.	Geología Local.....	50
6.2.4.1.	Secuencia sedimentaria: Lutitas y areniscas con yeso	50
6.2.4.2.	Lutitas y limolitas.....	51
6.2.4.3.	Secuencia de calizas negras, lutitas y limolitas.....	53
6.2.4.4.	Areniscas calcáreas	54
6.2.4.5.	Tobas andesíticas y arcillas	55
6.2.5.	Estructuras	59
6.2.5.1.	Fallas por desplazamiento de terreno	59
6.2.5.2.	Pliegues.....	64
6.2.6.	Afloramientos	67
6.2.7.	Estratigrafía.....	80
6.2.8.	Inventario de deslizamientos.....	82
6.2.9.	Correlación	86
6.2.10.	Geología Estructural.....	87



7.	DISCUSIÓN	91
8.	CONCLUSIONES	93
9.	RECOMENDACIONES	95
10.	BIBLIOGRAFÍA	96
11.	ANEXOS	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Falla normal.....	9
Figura 2: Falla inversa	9
Figura 3: Tipos de pliegues.....	10
Figura 4: Nomenclatura de un deslizamiento	11
Figura 5: Sección delgada de Granito vista al microscopio.....	13
Figura 6: Secciones delgadas de Andesita y Basalto vistas al microscopio	14
Figura 7: Secciones delgadas de rocas Metamórficas vistas al microscopio.....	15
Figura 8: Sección delgada de arenisca vista al microscopio.....	16
Figura 9: Levantamiento fotogramétrico	18
Figura 10: Ortomosaico y el correspondiente modelo de superficie digital dispersa (DSM) antes de la densificación.....	23
Figura 11: Vista superior de la posición de la imagen inicial.....	23
Figura 12: Movimiento de cámara estimado por el modelo de cámara con obturador rodante	24
Figura 13: Ficha de movimientos en masa	28
Figura 14: Ubicación del área de estudio.....	29
Figura 15: Acceso al área de estudio	30
Figura 16: Geología Regional.....	37
Figura 17: Mapa topográfico del proyecto	38
Figura 18: Cortes Topográficos del área de estudio	39
Figura 19: Corte topográfico A-A' de la zona de estudio.....	40
Figura 20: Corte topográfico B-B' de la zona de estudio	41
Figura 21: Corte topográfico C-C' de la zona de estudio	42
Figura 22: Mapa de pendientes del proyecto	43
Figura 23: Relieve colinado muy bajo	46

Figura 24: Valle en forma de V	48
Figura 25: Mapa geomorfológico del proyecto	49
Figura 26: Mapa geológico local del proyecto.	56
Figura 27: Corte geológico A-A'	57
Figura 28: Corte geológico B-B'	57
Figura 29: Corte geológico C-C'	57
Figura 30: Leyenda geológica.....	58
Figura 31: Pliegues presentes en el área de estudio.....	66
Figura 32: Columna estratigráfica del afloramiento #1	69
Figura 33: Columna estratigráfica del afloramiento #2	70
Figura 34: Columna estratigráfica del afloramiento #3	71
Figura 35: Columna estratigráfica del afloramiento #4	72
Figura 36: Columna estratigráfica del afloramiento #5	73
Figura 37: Columna estratigráfica del afloramiento #6	74
Figura 38: Columna estratigráfica del afloramiento #7	75
Figura 39: Columna estratigráfica del afloramiento #8	76
Figura 40: Columna estratigráfica del afloramiento #9	77
Figura 41: Columna estratigráfica del afloramiento #10	78
Figura 42: Mapa de afloramientos del proyecto	79
Figura 43: Columna estratigráfica del área de estudio	80
Figura 44: Corte perpendicular D1	83
Figura 45: Corte perpendicular D2	85
Figura 46: Mapa Geológico Estructural del proyecto.....	87
Figura 47: Perfil geológico estructural A-A' del proyecto.....	88
Figura 48: Materiales avistados en el corte geológico estructural A-A'	89
Figura 49: Diagrama porcentual de la distancia recorrida de los materiales en el corte geológico estructural A-A'	89

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Puntos geodésicos de control ubicados en la vía. A (Colocación de equipos), B (Toma de puntos).....	22
Fotografía 2: Toma de muestras	25



Fotografía 3: Equipo utilizado para el levantamiento del sitio de estudio. A. (Dron). B. (Calibración del dron)	44
Fotografía 4: Fotointerpretación. A. (Hundimiento por falla). B. (Deslizamiento)	44
Fotografía 5: Cuestas estructurales vistos desde la parte Sur	45
Fotografía 6: Frentes de cuesta vistos desde la parte sur	46
Fotografía 7: Glacis de esparcimiento, A (Vista lateral), B (Vista aérea)	47
Fotografía 8: Terraza media, A (Vista lateral), B (Vista aérea)	47
Fotografía 9: Laminación paralela de lutitas y areniscas, Fm Santo Domingo	50
Fotografía 10: Lutitas, limolitas y areniscas. A. (Slumps de lutitas). B. (Concreciones) .	51
Fotografía 11: Bloque noroccidental, loma Sotohuayco	52
Fotografía 12: Secuencia de calizas negras, lutitas y limolitas, Fm Santo Domingo	53
Fotografía 13: Contacto entre areniscas calcáreas con una secuencia de lutitas y limolitas. Fm San José.....	54
Fotografía 14: Contacto de tobas andesíticas y arcillas de grano fino	55
Fotografía 15: Falla normal #1. A. (Plano de falla y estrías). B. (Levantamiento y hundimiento de los bloques). C. (Esfuerzos)	59
Fotografía 16: Alteración en la vía a causa de una falla.....	61
Fotografía 17: Falla normal #2. A. (Plano de falla). B. (Vista de bloques levantados y hundidos). C. (Esfuerzos).....	62
Fotografía 18: Hundimiento en la vía de primer orden	63
Fotografía 19: Anticlinal.	64
Fotografía 20: Anticlinal tumbado	65
Fotografía 21: Anticlinales avistados por fotointerpretación	67
Fotografía 22: Deslizamiento #1, A (Vista frontal), B (Vista desde la corona)	82
Fotografía 23: Deslizamiento #2, A (Vista frontal), B (Toma de datos).....	84
Fotografía 24: Fotointerpretación de geoformas.	113
Fotografía 25: Fotointerpretación de cursos de agua.....	113
Fotografía 26: Fotointerpretación de vegetación y uso de suelo.	114
Fotografía 27: Fotointerpretación de fallas.	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de pendientes	17
Tabla 2: Materiales a utilizar	20



Tabla 3: Coordenadas del área de estudio.....	29
Tabla 4: Temperatura promedio de La Merced	31
Tabla 5: Precipitación de la parroquia El Tambo y sector La Merced.	31
Tabla 6: Uso de suelo de la parroquia El Tambo	32
Tabla 7: Hidrografía de la parroquia El Tambo	33
Tabla 8: Clasificación de pendientes del proyecto.....	42
Tabla 9: Clasificación geomorfológica del proyecto	48
Tabla 10: Datos del pliegue #1	64
Tabla 11: Potencias de los materiales del pliegue #1.....	65
Tabla 12: Datos del pliegue #2	66
Tabla 13: Potencias de los materiales del pliegue #2.....	66
Tabla 14: Clasificación de los pliegues presentes en la zona de estudio	67
Tabla 15: Afloramientos encontrados en la zona de estudio	68
Tabla 16: Distancias de los materiales avistados en el corte geológico estructural A-A' ..	89
Tabla 17: Datos obtenidos de la zona de estudio	90

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Clasificación por textura de rocas metamórficas	14
Cuadro 2: Características de las rocas sedimentarias	15
Cuadro 3: Ficha de descripción de afloramientos y descripción macroscópica de rocas ..	26

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Fichas de afloramientos	99
Anexo 2: Ficha del deslizamiento #1.....	109
Anexo 3: Ficha del deslizamiento #2.....	111
Anexo 4: Fotointerpretación	113
Anexo 5: Mapa de Afloramientos.....	118
Anexo 6: Mapa Geológico Regional	119
Anexo 7: Mapa Geológico Local.....	120
Anexo 8: Mapa Geomorfológico	121
Anexo 9: Mapa de Pendientes	122
Anexo 10: Perfiles Topográficos	123



unl

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico estructural de la vía Intervalles de la abscisa 13+300 a 16+400 del barrio La Merced, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja”

Anexo 11: Mapa Topográfico.....	124
Anexo 12: Mapa Geológico Estructural	125



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico estructural de la vía Intervalles de la abscisa 13+300 a 16+400 del barrio La Merced, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja”

1. TÍTULO

“LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA VÍA INTERVALLES
DE LA ABSCISA 13+300 A 16+400 DEL BARRIO LA MERCED, PARROQUIA
EL TAMBO, CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA”



2. RESUMEN

El presente trabajo de investigación “Levantamiento geológico estructural de la vía Intervalles de las abscisas 13+300 a 16+400 del barrio La Merced, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja” tiene un recorrido de 3.1km, un área total de 64.1ha de extensión y está destinado a la elaboración de un mapa geológico estructural a escala 1:5.000 a 100m a cada lado del eje de la vía con la finalidad de analizar las unidades litológicas y estructuras geológicas presentes a lo largo de este territorio, a la par se realizó un inventario de los deslizamientos existentes en el terreno.

La investigación comenzó con la obtención de la información geológica del sector a través de la Hoja Geológica 57 GONZANAMÁ (CT-NVII-B serie J62-G a escala 1:100.000) para así tener una idea de los materiales presentes en el terreno, posterior se arribó al sitio de estudio y se colocó diez puntos geodésicos de control a lo largo de la vía de estudio para luego realizar un levantamiento topográfico del terreno con ayuda de la fotogrametría, en donde el dron a cargo de la empresa SETIA GROUP realizó dos planes de vuelo de veinte y dos minutos cada uno capturando así 250 fotos por vuelo, a su vez que proporcionó las curvas de nivel a 1m del terreno y una orto-foto con resolución 2.5 x 2.5cm de todo el territorio para una mayor visualización del área.

Una vez obtenida la topografía del sector se continuó con el levantamiento y ubicación de los afloramientos presentes en el sitio, tomando de ellos los datos estructurales e identificando los materiales hallados para comprobarlos con la geología regional, a la par de esto se fue localizando las estructuras geológicas como fallas y pliegues para ir tomando nota de sus elementos de yacencia y así tener información detallada de estos mediante fichas de afloramientos y descripción de rocas.

En el caso de la geomorfología del sitio se partió de las ortofotos obtenidas junto con la información proveniente del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de El Tambo 2014-2019 para así realizar un mapa de las geoformas avistadas in situ. Con la geomorfología obtenida se logró realizar el mapa de pendientes, el cual indica la inclinación de las elevaciones existentes y se las cataloga de acuerdo a su ángulo como indica Demek (1972). La litoestratigrafía se la realizó de acuerdo a los afloramientos avistados, ya que con esta información obtenida en campo se realizaron las columnas estratigráficas para dar mayor detalle a los materiales presentes a lo largo de la vía de estudio.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico estructural de la vía Intervalles de la abscisa 13+300 a 16+400 del barrio La Merced, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja”

Para el inventario de deslizamientos se partió de la fotointerpretación de las orto-fotos obtenidas de la fotogrametría y se ubicó de manera visual los posibles deslizamientos para posterior corroborarlos en campo, una vez obtenida la información se llenó una ficha de movimientos en masa, en donde se describe detalladamente el estado de los mismos.

Una vez realizado todo el trabajo en campo se procedió con la confección del mapa geológico estructural a escala 1:5.000, para esto fue necesario el software ArcGIS 10.3 y los datos de todos los aspectos mencionados anteriormente para así ingresarlos al programa e ir acotando simbología y leyenda de los mismos, a su vez se realizó un corte geológico de tipo transversal de la zona más sobresaliente de la vía para un mayor detalle del terreno.

Palabras clave: *Geología estructural, fotogrametría, fotografías con dron, inventario de deslizamientos, unidad litológica, estructura geológica.*



ABSTRACT

The present research work "Structural geological survey of the Intervalles road from the abscissa 13 + 300 to 16 + 400 of the La Merced neighborhood, El Tambo parish, Catamayo canton, Loja province" has a route of 3.1km, a total area of 64.1ha of extension and is destined to the elaboration of a structural geological map at a scale of 1: 5,000 to 100m on each side of the axis of the road in order to analyze the lithological units and geological structures present throughout this territory, to At the same time, an inventory of the existing landslides on the ground was carried out.

The investigation began with obtaining the geological information of the sector through Geological Sheet 57 GONZANAMÁ (CT-NVII-B series J62-G at 1: 100,000 scale) in order to have an idea of the materials present on the ground, later We arrived at the study site and ten geodetic control points were placed along the study path and then carried out a topographic survey of the land with the help of photogrammetry, where the drone in charge of the company SETIA GROUP made two plans flight of twenty-two minutes each, thus capturing 250 photos per flight, in turn providing contour lines at 1m from the ground and an ortho-photo with 2.5 x 2.5cm resolution of the entire territory for a better visualization of the area .

Once the topography of the sector was obtained, the survey and location of the outcrops present in the site continued, taking the structural data from them and identifying the materials found to verify them with the regional geology, at the same time the structures were located geological such as faults and folds to take note of their reservoir elements and thus have detailed information on these through outcrop files and rock descriptions.

In the case of the geomorphology of the site, we started from the orthophotos obtained together with the information from the Plan of Development and Territorial Ordering of El Tambo 2014-2019 in order to make a map of the geofoms sighted in situ. With the geomorphology obtained, it was possible to make the slope map, which indicates the inclination of the existing elevations and is cataloged according to their angle as indicated by Demek (1972). The lithostratigraphy was carried out according to the outcrops sighted, since with this information obtained in the field, the stratigraphic columns were made to give greater detail to the materials present along the study pathway.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico estructural de la vía Intervalles de la abscisa 13+300 a 16+400 del barrio La Merced, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja”

For the landslide inventory, we started from the photointerpretation of the ortho-photos obtained from the photogrammetry and the possible landslides were visually located for later corroborating them in the field, once the information was obtained, a mass movement form was filled out, where their status is described in detail.

Once all the work in the field was done, the structural geological map was made at a scale of 1: 5,000, for this it was necessary the ArcGIS 10.3 software and the data of all the aspects mentioned above in order to enter them into the program and delineate symbology and legend thereof, in turn a cross-sectional geological section was made of the most prominent area of the road for greater detail of the terrain.

Keywords: *Structural geology, photogrammetry, drone photography, landslide inventory, lithological unit, geological structure.*



3. INTRODUCCIÓN

Según (Kennerley, 1973) la geología de la cuenca de Loja es muy peculiar, ya que cuenta en su superficie con rocas metamórficas en las franjas noroeste y este del territorio, que constituyen un basamento rocoso de edad Paleozoica, rocas de origen magmática, efusivo y de tipo flysch de edad Cretácica, rocas sedimentarias que rellenan las depresiones de Loja y Malacatos en la parte este del territorio, correspondientes a una edad Terciaria, a su vez también rocas de origen volcánico sedimentarias de edad Cuaternaria ubicadas al noroeste y por último, rocas de origen magmático intrusivas, como granitos y granodioritas, cuya ubicación se extiende a lo largo de todo el territorio.

La vía Intervalles cuya longitud es de 42 km, se vio afectada por la temporada invernal y la ruptura del canal de riego provocando la pérdida de la calzada en un tramo de 80m en el año 2018. (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Loja, 2015), esta vía conecta directamente con la trayectoria hacia la parroquia el Tambo, pasando por varios barrios entre ellos La Merced para llegar a Malacatos.

El tramo de vía indicado para el proyecto es ligeramente crítico ya que en él se han generado pequeños problemas geológicos estructurales debido a su ubicación geográfica, su litología, las lluvias, falta de drenaje natural del suelo y falta de un estudio que indique las superficies susceptibles a deslizamientos.

Por lo tanto, con el presente proyecto “Levantamiento Geológico Estructural de la vía Intervalles de la abscisa 13+300 a 16+400 del barrio La Merced, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja” se podrá realizar una caracterización de las unidades litológicas, estructuras geológicas y deslizamientos presentes en la zona de estudio.

La investigación beneficiará a las diferentes entidades públicas, privadas y población en general, sobre todo a el barrio La Merced, que posee un total de 304 habitantes, divididos en dos sectores, la parte alta con 190 habitantes y la parte baja con 114 (PDOT, 2014 - 2019).

El barrio La Merced y los demás pertenecientes a la parroquia El Tambo tendrán libertad de utilizar esta información con la finalidad de llegar a un desarrollo sostenible del sector, disminuyendo así los riesgos de carácter social, económico y estructural frente a los problemas causados por deslizamientos y demás fenómenos geológicos adversos dando a su población la posibilidad de desarrollarse.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico estructural de la vía Intervalles de la abscisa 13+300 a 16+400 del barrio La Merced, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja”

El presente trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos:

General

- Elaborar un mapa geológico-estructural de la vía Intervalles de la abscisa 13+300 a 16+400 del barrio La Merced, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja a escala 1:5.000.

Específicos

- Determinar las unidades litológicas y estructuras geológicas presentes en la zona de estudio a 100m del eje de la vía.
- Realizar un inventario de deslizamientos presentes en el área de estudio.
- Elaborar un mapa geológico-estructural a escala 1:5.000 del área de estudio.



4. MARCO TEÓRICO

4.1. Geología

Se define a la Geología como la ciencia que persigue la comprensión del planeta Tierra, la cual se ha dividido tradicionalmente en dos amplias áreas: la física y la histórica. La Geología física, sobre la que trata este libro, estudia los materiales que componen la tierra y busca comprender los diferentes procesos que actúan debajo y encima de la superficie terrestre. Tarbuck (2005).

Se define a la Geología como una ciencia que concierne a la Tierra y los materiales de los que está constituida, los procesos que los formaron durante el tiempo geológico y el modelado de su superficie en el pasado y en el presente. Navarrete (2005).

4.1.1. Geología Estructural

4.1.1.1. Fallas

Las fallas son fracturas en la corteza terrestre a lo largo de las cuales ha tenido lugar un desplazamiento apreciable. A veces, pueden reconocerse pequeñas fallas en los taludes de las carreteras, observándose estratos sedimentarios desplazados unos pocos metros. Los movimientos súbitos a lo largo de las fallas son la causa de la mayoría de los terremotos. Sin embargo, la gran mayoría de las fallas son inactivas y, por tanto, restos de una deformación antigua. Los geólogos clasifican las fallas por sus movimientos relativos, que pueden ser predominantemente horizontales, verticales u oblicuos. Tarbuck (2005)

4.1.1.1.1. Fallas con desplazamiento vertical

Las fallas en las que el movimiento es fundamentalmente paralelo al buzamiento (o inclinación) de la superficie de falla se denomina falla con desplazamiento vertical. Este tipo de movimiento puede producir pequeños resaltes denominados escarpes de falla. Los dos tipos principales de falla con desplazamiento vertical son las fallas normales y las fallas inversas. Tarbuck (2005).

- ❖ **Fallas normales:** Las fallas con desplazamiento vertical se clasifican como fallas normales cuando el bloque de techo se desplaza hacia abajo en relación con el bloque de muro. La mayoría de fallas normales tienen buzamientos de unos 60°, que tienden a disminuir con la profundidad.

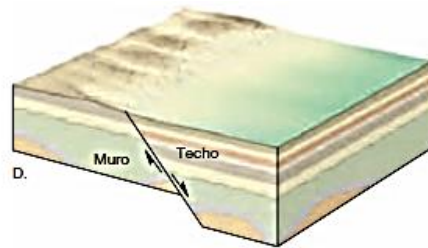


Figura 1: Falla normal
Fuente: Tarbuck (2005)

- ❖ **Fallas inversas:** Las fallas inversas y cabalgantes son fallas con desplazamiento vertical en las cuales el bloque de techo se mueve hacia arriba con respecto al bloque de muro. Las fallas inversas suelen tener buzamientos mayores a 45° mientras que las fallas de cabalgamiento tienen buzamientos inferiores a 45° .

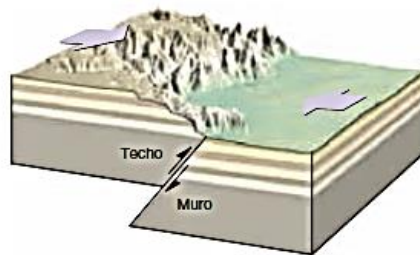


Figura 2: Falla inversa
Fuente: Tarbuck (2005)

4.1.1.1.2. Fallas con desplazamiento horizontal

Las fallas en las que el desplazamiento dominante es horizontal y paralelo a la dirección de la superficie de la falla, se denominan fallas de desplazamiento horizontal o desgarres. Debido a su gran tamaño y a su naturaleza lineal, muchas fallas de desplazamiento horizontal tienen una traza que es visible a lo largo de una gran distancia. Tarbuck (2005).

4.1.1.2. Pliegues

Durante la formación de las montañas, las rocas sedimentarias y volcánicas suelen doblarse en una serie de ondulaciones semejantes a ondas denominadas pliegues. Los pliegues de los estratos sedimentarios se parecen mucho a los que se formarían si se cogiera una hoja de papel por sus extremos y se fueran empujando uno hacia el otro. Tarbuck (2005).

Los dos tipos de pliegues más comunes se denominan anticlinales y sinclinales. Un anticlinal se forma casi siempre por plegamiento convexo, o arqueamiento, de las capas de roca. Los anticlinales afloran, a veces de manera espectacular, en los puntos donde las carreteras atraviesan estratos deformados. Asociados a menudo con los anticlinales, se encuentran los pliegues cóncavos, o surcos, denominados sinclinales. Tarbuck (2005).

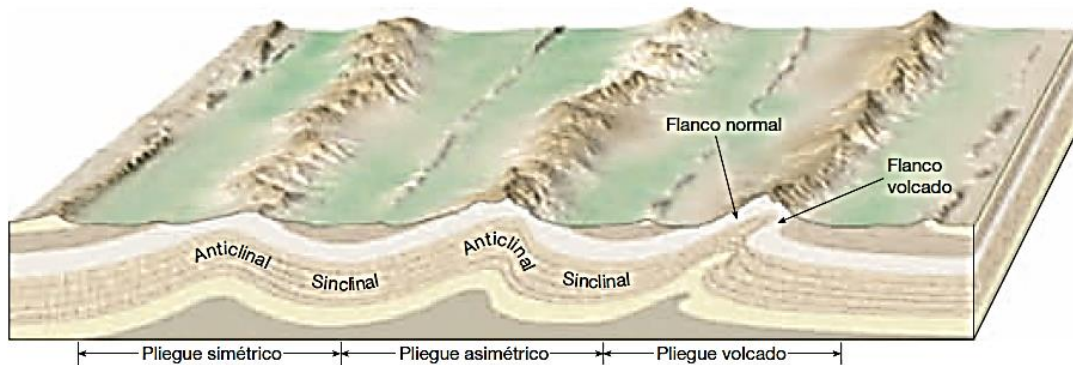


Figura 3: Tipos de pliegues
Fuente: Tarbuck (2005)

4.1.1.3. Diaclasas

“A diferencia de las fallas, las diaclasas son fracturas a lo largo de las cuales no se ha producido desplazamiento apreciable. Aunque algunas diaclasas tienen una orientación aleatoria, la mayoría se produce en grupos aproximadamente paralelos” Tarbuck (2005).

Muchas rocas están rotas por don o incluso tres tipos de diaclasas que se interceptan, lo que fragmenta las rocas en numerosos bloques de formas regulares. Estos conjuntos de diaclasas ejercen a menudo una fuerte influencia sobre otros procesos geológicos, por ejemplo, la meteorización química tiende a concentrarse a lo largo de diaclasas y, en muchas áreas, el movimiento del agua subterránea y, por tanto, la disolución de las rocas solubles está controlados por el modelo de diaclasas. Tarbuck (2005).

4.1.1.4. Deslizamientos

“Los deslizamientos de tierra producen cambios en la morfología del terreno, con diversos daños ambientales, en infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, entre otros”. Suárez (2009).

Los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daño en las propiedades por valor de decenas

de billones de dólares cada año; sin embargo, muy pocas personas son conscientes de su importancia. El 90% de las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con anterioridad y se toman medidas de prevención o control. Brabb E.E. & Harold B.L., (1989).

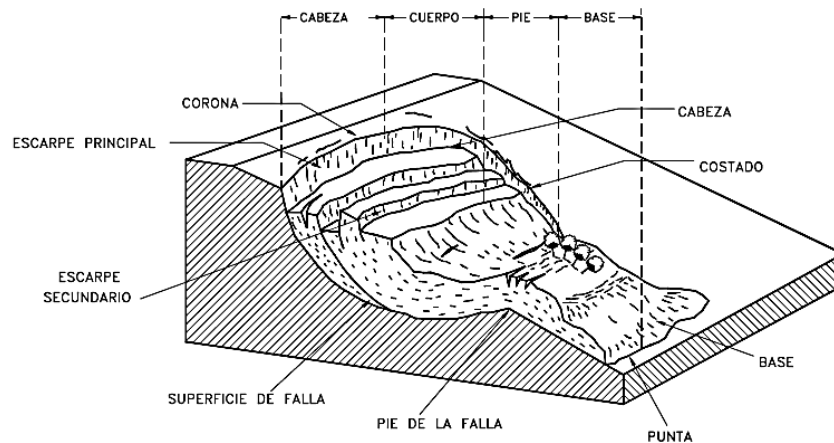


Figura 4: Nomenclatura de un deslizamiento
Fuente: Suárez (2009)

4.1.1.4.1. Partes de un deslizamiento

- **Escarpe principal:** Corresponde a una superficie muy inclinada a lo largo de la periferia del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material fuera del terreno original. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material forma la superficie de falla.
- **Escarpe secundario:** Una superficie muy inclinada producida por desplazamientos diferenciales dentro de la masa que se mueve.
- **Cabeza:** Las partes superiores del material que se mueve a lo largo del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.
- **Cima:** El punto más alto del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.
- **Corona:** El material que se encuentra en el sitio, prácticamente inalterado y adyacente a la parte más alta del escarpe principal.
- **Superficie de falla:** Corresponde al área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado. El volumen de suelo debajo de la superficie de falla no se mueve.

- **Pie de la superficie de falla:** La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.
- **Base:** El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.
- **Punta o ña:** El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.
- **Costado o flanco:** Un lado (perfil lateral) del movimiento.
- **Superficie original del terreno:** La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.
- **Derecha e izquierda:** Para describir un deslizamiento se prefiere usar la orientación geográfica, pero si se emplean las palabras derecha e izquierda debe referirse al deslizamiento observado desde la corona mirando hacia el pie.

4.1.1.5. Afloramiento

“Cuando una masa de roca de la corteza está expuesta, es decir, no cubierta por un suelo, se denomina afloramiento”. Tarbuck (2005)

Un afloramiento es parte de una formación rocosa que está expuesta en la superficie de la Tierra. Es decir, para ubicar las principales características geológicas como es el tipo de roca, orientación de las capas o la presencia de estructuras de fallas o fracturas, debido a que estos rasgos son vitales para la realización de un mapa geológico el cual muestra la ubicación y la orientación exacta de las principales unidades geológicas y sus principales características Complutense (2000).

4.2. Litología

“Desde el punto de vista litológico los materiales se clasifican de acuerdo a su génesis o formación, diferenciándose dos grupos de materiales diversos que son: la roca y el suelo”. Abramson & L.W. , (1996).

Las rocas a su vez se clasifican de acuerdo a su origen así:

4.2.1. Rocas Ígneas intrusivas

Las rocas ígneas intrusivas son el producto del enfriamiento del Magma, antes de aflorar este a la superficie. Las rocas ígneas forman el 98% del volumen de la corteza terrestre, aunque en superficie son más comunes las rocas sedimentarias y en menor proporción las ígneas y metamórficas. Abramson & L.W. , (1996)

Las rocas ígneas intrusivas poseen generalmente, una microestructura desordenada e isotrópica con uniones muy fuertes entre los cristales, en su estado intacto. Generalmente, son rocas muy duras y densas, y en su estado natural inalterado poseen una resistencia al cortante muy alta, sin embargo, al fracturarse y meteorizarse pueden ser blandas y débiles. El comportamiento de las rocas ígneas sanas o no meteorizadas en los taludes es controlado por su estructura, conformada por las juntas o diaclasas, fallas y zonas de corte, las cuales actúan como superficies de debilidad. Las principales rocas ígneas intrusivas son el granito, la diorita, la dolerita y el gabro. Abramson & L.W. , (1996).

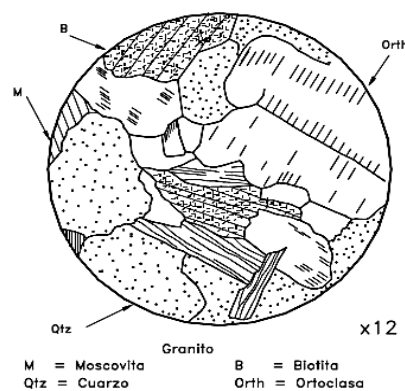


Figura 5: Sección delgada de Granito vista al microscopio
Fuente: Blyth y de Freitas, (1984)

4.2.2. Rocas Volcánicas o Ígneas Extrusivas

Las rocas volcánicas o piroclásticas también conocidas como rocas ígneas extrusivas son producto de la cristalización de los materiales expulsados por los volcanes. Las propiedades ingenieriles de las rocas volcánicas dependen del grado de solidificación y de acuerdo a ésta presentan una variedad de resistencias y permeabilidades. El principal problema de las rocas volcánicas es su fácil desintegración al secarse y humedecerse y la presencia de arcillas activas como la Montmorillonita como subproducto del proceso de meteorización. Abramson & L.W. , (1996)

Las principales rocas volcánicas son la riolita, la andesita y el basalto y las tobas. La microestructura es muy variada de acuerdo a su proceso de formación.

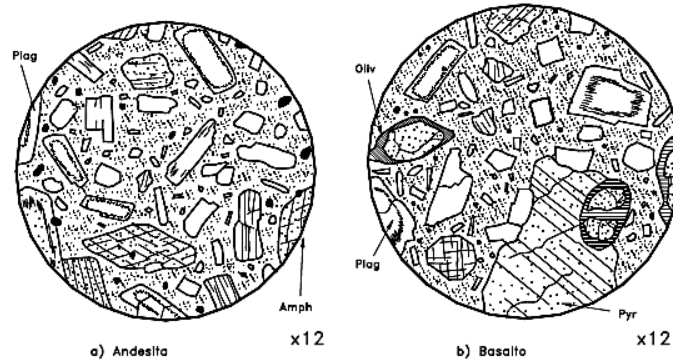


Figura 6: Secciones delgadas de Andesita y Basalto vistas al microscopio
Fuente: Blyth y de Freitas, (1984)

4.2.3. Rocas Metamórficas

Las rocas metamórficas son el resultado del metamorfismo o recristalización de rocas ígneas y sedimentarias. En este proceso las rocas son sometidas a cambios texturales y mineralógicos, en tal forma que sus características originales son alteradas o completamente perdidas. Como consecuencia de esto, las rocas metamórficas exhiben un alto rango de características ingenieriles y comúnmente son muy útiles como materiales de construcción. Abramson & L.W. , (1996).

Cuadro 1: Clasificación por textura de rocas metamórficas

Textura	Roca	Características
Granular	Chert, cuarcita	Grano fino con predominio de partículas de cuarzo
	Mármol	Granos finos a gruesos, partículas de caliza o dolomita
Bandeada	Gneis	Granos de minerales laminares elongados con bandeo composicional
Foliada	Esquisto, serpentinita, pizarra, filita	Rocas foliadas finas con proporciones altas de filosilicatos

Fuente: Abramson (1996)

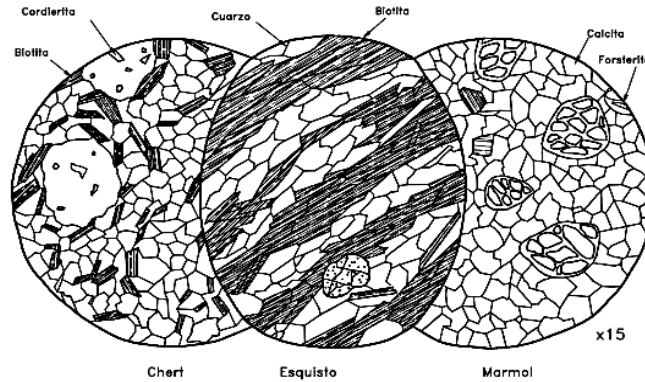


Figura 7: Secciones delgadas de rocas Metamórficas vistas al microscopio
Fuente: Blyth y de Freitas, (1984)

4.2.4. Rocas Sedimentarias

Las rocas sedimentarias están formadas por la sedimentación y cementación de partículas de arcilla, arena, grava o cantos. Sus características de estabilidad dependen generalmente, del tamaño de los granos, los planos de estratificación, las fracturas normales a la estratificación y el grado de cementación. Las rocas sedimentarias más comunes son: el Conglomerado, Breccia, las Lutitas, Areniscas Limolitas, Calizas, Dolomitas, y Evaporitas, exponen Abramson & L.W. , (1996).

“Los conglomerados son bastante estables y permiten cortes relativamente pendientes debido a su cementación y a que los materiales gruesos tienen un efecto de refuerzo sobre la masa de roca”. Abramson & L.W. , (1996).

Cuadro 2: Características de las rocas sedimentarias

Características de las rocas sedimentarias		
Roca	Componente	Características
Conglomerado	Partículas grandes redondeadas de roca y fragmentos de minerales.	Más del 50% de los granos mayores de 2 mm y menos del 25% de arcilla
Breccia	Partículas angulares de roca y fragmentos de minerales	Más del 50% de los granos mayores de 2 mm y menos del 25% de arcilla
Arenisca	Partículas redondeadas menores de roca	Más del 50% de los granos entre 2 y 0.06 mm y menos del 25% de arcilla.
Limolita	Partículas del tamaño de limos	Más del 50% de los granos menores de 0.06 mm y menos del 25% de arcilla
Arcillolita	Partículas de arcilla	Más del 50% de arcilla.
Lodolita	Rocas arcillosas con alto contenido de limos	Más del 50% de los limos.
Caliza	Granos de calcita	Más del 50% de calcita y menos del 25% de arcilla.

Fuente: Abramson & L.W. , (1996)

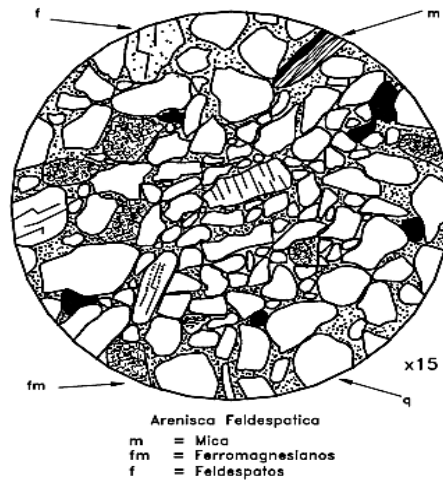


Figura 8: Sección delgada de arenisca vista al microscopio
Fuente: Blyth y de Freitas, (1984)

4.3. Topografía

“Tradicionalmente la topografía se ha definido como una ciencia aplicada, encargada de determinar la posición relativa de puntos sobre la Tierra y la representación en un plano de una porción de la superficie terrestre”. Rincón (2018).

En un sentido más general, se puede definir como la disciplina que abarca todos los métodos para reunir información de partes físicas de la Tierra, tales como el relieve, los litorales, los cauces de corrientes hídricas, entre otros, usando para ello los métodos clásicos de medición en terreno, la fotogrametría y los Sensores Remotos. Rincón (2018).

4.4. Geomorfología

La geomorfología significa etimológicamente “conocimiento racional de las formas de la Tierra” y, en la actualidad, designa una disciplina científica que tiene como objeto el reconocimiento, la clasificación y la explicación de las diferentes configuraciones que presenta la superficie externa de la litósfera, de cuya combinación resulta el relieve terrestre. Muñoz (1995).

Tabla 1: Clasificación de pendientes

Término de la pendiente	Categoría (°)
Ligeramente inclinado	0 - 5
Fuertemente inclinado	>5 - 15
Muy inclinado	>15 - 35
Empinado	>35 - 55
Vertical	>55 -90

Fuente: Demek (1972)

4.5. Hidrogeología

La hidrogeología ambiental trata sobre las características y el comportamiento del agua subterránea y su relación con el ambiente. Dado que al ambiente lo componen los recursos naturales y el hombre, en el análisis ambiental del agua subterránea, deben considerarse las vinculaciones e incidencias mutuas entre ésta, el suelo, el aire, el agua superficial, el agua meteórica y la biota. Ague (2008).

4.6. Levantamiento Topográfico

Los levantamientos topográficos se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre. En un levantamiento topográfico se toman los datos necesarios para la representación gráfica o elaboración del mapa del área de estudio. Casanova (2002).

4.7. Fotogrametría

La fotogrametría es la técnica cuyo objetivo es determinar las dimensiones y posición de objetos en el espacio a partir de imágenes fotográficas, esto se consigue a través de la medida o medidas realizadas a partir de la intersección de dos o más fotografías, por medio de la fotogrametría podemos obtener modelos digitales de terreno que pueden ser utilizados para el diseño de vías, áreas de agricultura y minería, según Del Río Santana, (2020).



Figura 9: Levantamiento fotogramétrico
Fuente: Del Río Santana, (2020)

Unos de los softwares más utilizados al momento de realizar un levantamiento fotogramétrico es el UgCS, de acceso libre que es un conjunto de herramientas seguro y eficiente utilizado para inspecciones industriales y topografía de UAV. LIDAR, magnetometría, GPR, áreas automáticas, fotogrametría, herramientas de planificación de levantamientos verticales y SAR con importación personalizada de datos de elevación y modo de seguimiento del terreno, dice (Del Río Santana, 2020).

Admite las plataformas UAV más populares como: DJI M600, M300, M200, Inspire, Phantom 4, Mavic y series, Parrot y Mavlink compatible Pixhawk / APM.

4.8. Mapeo geológico

El levantamiento o mapeo geológico es el proceso de transferir las observaciones de la geología realizadas en el campo a un mapa establecido del sitio. Un buen mapa geológico se genera casi por completo en el campo y tienen las siguientes características, según (Echeveste, 2018):

- a) La información registrada debe ser objetiva, basada en un examen cuidadoso de las rocas y las exposiciones, realizado con una mente abierta y sin ideas preconcebidas.
- b) Se deben mostrar tanto los datos observados positivamente como lo interpretado, pero el lector del mapa debe poder distinguir claramente entre la información que fue observada en el lugar (datos) y las inferencias que se hicieron de las observaciones geológicas (interpretación).
- c) Las relaciones geológicas/temporales entre unidades, estructuras, etc. deben ser consistentes en todo el mapa.

- d) Los datos se deben mostrar en un nivel de detalle que corresponda a la escala del mapa, el mapa no debe contener excesiva información que lo torne confuso e imposible de leer ni estar escaso de datos.

Un correcto mapeo geológico está ligado al “mapeo de estructuras”, técnica que consiste en caracterizar mediante observación, toma de datos (elementos de yacencia) e interpretación in situ de los materiales presentes en la roca para obtener valores acordes a la realidad. Echeveste (2018).

“Mediante la caracterización de afloramientos se puede obtener datos acerca de la geología, litología y datos estructurales de terrenos grandes por medio de la identificación de los materiales que presentan los afloramientos del sector de estudio”. Lopez (2019).

4.9. Estudios Relacionados

Con respecto a la litología del sector, se determinó que desde la abscisa 6+060 a 6+200, existe un deslizamiento antiguo, actualmente activo, el detonante principal del mismo es el agua, corroborándose con el SPT 1, donde se obtuvo como resultado una compacidad de compacta a densa con una carga admisible de hasta 6Kg/m^2 , siendo arenas arcillosas localizando el NF a los 5m de profundidad. El material coluvial deslizado geomorfológicamente se cataloga como colinas altas CA (Alvarado, 2019)

En la abscisa 6+300, se encuentra un contacto entre toba dacítica y toba andesítica con un relleno de 9cm de lutita grisácea, además de micropliegues que buzan hacia el NW, en el pie del afloramiento, su disposición es perpendicular a la superficie terrestre, Los pliegues inclinados representan una reducción del área ocupada inicialmente por los estratos, según Alvarado (2019).

“En la abscisa 6+700, se encuentra un deslizamiento de tipo traslacional de toba andesítica, es un deslizamiento reciente del 2018, que afectó al Canal de riego “La Era”, el material geomorfológicamente se cataloga como relieve montañoso”. Alvarado (2019).

Y, por último, en la abscisa 9+100, existe otro deslizamiento de tipo rotacional reciente y activo, realizando un SPT, dio como resultado una compacidad de compacta a dura, con una carga admisible de hasta 3.50 Kg/m^2 , catalogándose como arcillas de alta plasticidad con una humedad a los 5m de 32%, afirma Alvarado (2019).

5. METODOLOGÍA

5.1. Materiales

Tabla 2: Materiales a utilizar

MATERIALES DE CAMPO	
No.	Descripción
1	GPS Garmin
2	Martillo Geológico
3	Brújula Brunton
4	Distanciómetro
5	Hoja Geológica 57 Gonzanamá (CT-NVII-B serie J62-G a escala 1:100.000)
6	Hoja Geológica Nambacola (N – VIII-B 1 a escala 1:50.000)
7	Hoja Geológica Gonzanamá (N – VIII-B 3 a escala 1:50.000)
8	Hoja Topográfica Gonzanamá (NVII-B 3, 3781, a escala 1:50.000)
9	Hoja Topográfica Nambacola (NVII-B 1, 3781, a escala 1:50.000)
10	Dron Mavic 2 Pro, con cámara tipo L1D-20c_10.3_5472x3648 (RGB)
11	Rayador
12	Ácido clorhídrico al 10%
13	Lupa
14	Equipo de protección personal (EPP)
15	Libreta de campo
16	Fundas ZIPLOC
17	Marcador indeleble, plumas, portaminas, borrador
18	Cámara fotográfica
MATERIALES DE OFICINA	
No.	Descripción
1	Laptop
2	Impresora
3	Hojas papel Bond
4	Plumas, lápiz, borrador, reglas
5	Memoria flash
INFORMÁTICA	
No.	Descripción

-
- 1 Google Earth
 - 2 Software SIG ArcGIS 10.3
 - 3 SedLog 3.1
 - 4 Pack Microsoft Office 2010
-

5.2. Método

Para llevar a cabo este levantamiento geológico estructural se tomó en cuenta el método científico, que consiste en la búsqueda de información relacionada con el tema a tratar, incluyendo términos y aspectos relevantes para el avance de la investigación, siguiendo con el procesamiento de la información aplicándolos de forma adecuada a cada uno de los objetivos propuestos, lo siguiente consistió en el trabajo de campo, para lo cual se aplicó el método de mapeo de estructuras, según Echeveste (2018) y caracterización de afloramientos, según Lopez (2019), el cual es de vital importancia para la cartografía a escala detallada; se partió de la geología del área de estudio y datos de fotointerpretación para posteriormente proceder al trabajo de mapeo en campo, dentro del cual se realizó observaciones e interpretaciones respectivas, toma de notas y así poder obtener las mejores ilustraciones de los respectivos afloramientos o sitios de interés.

Es de vital importancia mencionar que se tomó en cuenta la aplicación de técnicas para muestreo estructural en donde sobresalen la medición de rumbo y buzamiento de los diferentes afloramientos, identificación de fallas, pliegues y contactos; no obstante, se recolectó muestras representativas de roca para identificar la litología macroscópicamente y así poder dar un nombre exacto a dicha roca.

5.3. Metodología

5.3.1. Metodología para el primer objetivo

“Determinar las unidades litológicas y estructuras geológicas presentes en la zona de estudio a 100m del eje de la vía”

- a) Se realizó la recolección de la información geológica, topográfica y fotografías aéreas del sector junto con sus inmediaciones para tener una idea amplia de la geología local del terreno a estudiar.
- b) Se prepararon los equipos necesarios a utilizar en el campo.
- c) Se procedió a la movilización al lugar vía terrestre en vehículo público o particular donde se realizó el levantamiento con un dron, a su vez, se tomó 10 puntos geodésicos

de control adjuntando coordenadas del sitio con un error de 0.01 a 0.03m. Para el presente levantamiento se tomó en cuenta la escala de 1:5.000.



Fotografía 1: Puntos geodésicos de control ubicados en la vía. A (Colocación de equipos), B (Toma de puntos)

- d) La base topográfica se obtuvo a partir del modelo de elevación digital elaborado por el Programa UgCS, el cual es un software de planificación profesional utilizado con base en un dron, el cual captura fotografías aéreas con el tamaño de pixel requerido (2.5cm) de acuerdo a su escala (1:5000), las orto-fotos a usar fueron brindadas por el mismo programa con la escala planteada, con la colaboración de la empresa SETIA GROUP.

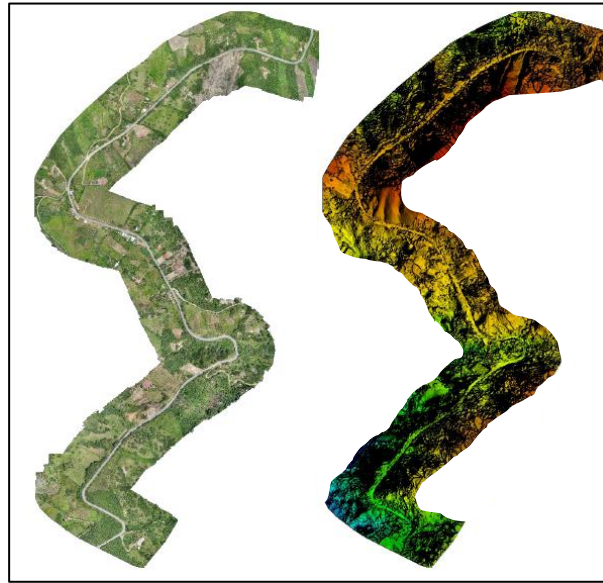


Figura 10: Ortomosaico y el correspondiente modelo de superficie digital dispersa (DSM) antes de la densificación

Fuente: SETIA GROUP, 2021

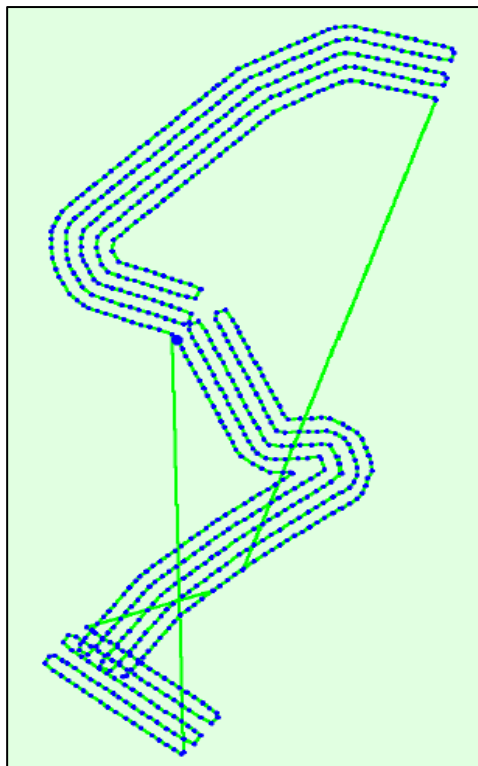


Figura 11: Vista superior de la posición de la imagen inicial

Fuente: SETIA GROUP (2021)

Proceso: La línea verde sigue la posición de las imágenes en el tiempo a partir del gran punto azul.

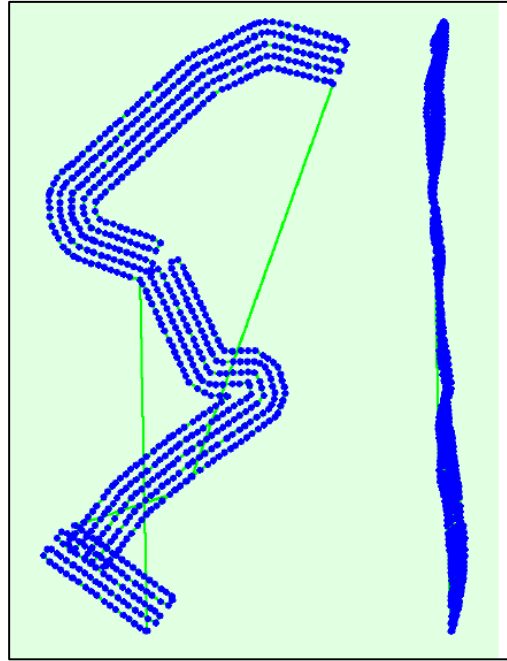


Figura 12: Movimiento de cámara estimado por el modelo de cámara con obturador rodante
Fuente: SETIA GROUP (2021)

Proceso: La línea verde sigue las posiciones de las imágenes calculadas. Los puntos azules representan la posición de la cámara al inicio de la exposición. Las líneas azules representan el movimiento de la cámara durante la lectura del obturador rodante.

- e) Para lo correspondiente a salidas de campo, se llevó a cabo 10 visitas técnicas con el fin de apreciar las diversas formaciones de tipo geológico, geomorfológico, el tipo de litología, la relación estratigráfica y estructuras con sus respectivos elementos de yacencia presentes en la zona de interés, para posteriormente realizar el levantamiento mediante el análisis y estudio de los afloramientos para dar criterio técnico del tipo de roca presente, todas estas visitas fueron diseñadas con anterioridad para por consiguiente tener un borrador, el cual fue verificado con la carta correspondiente y la información geológica del país.
- f) En lo correspondiente a las estructuras geológicas encontradas (pliegues y fallas), los plegamientos se los analizó con respecto al mapeo de estructuras, según Echeveste (2018), que consiste en la toma de elementos de yacencia como buzamiento, inclinación, dirección de los materiales o estratos y su potencia para así identificar el tipo y el mecanismo de plegamiento. Para las fallas se aplicó el método de la observación de estructuras, según Echeveste (2018) y fotointerpretación (Ver **ANEXO 4**), para determinar la ruptura de los materiales en donde sea evidente un desplazamiento de las mismas, para posterior tomar en campo sus elementos de yacencia.

- g) Las unidades litológicas se las analizó de acuerdo al método de caracterización de afloramientos, Lopez (2019) a través de la observación y toma de datos estructurales de los materiales, entre los que destacan elementos de yacencia, grado de alteración, tamaño de grano, forma de clastos y demás.
- h) Una vez analizada la litología y estructuras de la zona de estudio se procedió a llenar una ficha de afloramientos, con el propósito de aumentar información del sector que sea relevante y aporte al mapa final, la cual abarca el ambiente, tipo de rocas, meteorización y datos estructurales. (Ver **Cuadro 3**).
- i) En base a las muestras obtenidas y posteriormente identificadas en laboratorio mediante reconocimiento macroscópico de los minerales presentes, se llenó una ficha de descripción de rocas, para tener una idea litológica acorde y verificar con la carta geológica local, la ficha contiene características físicas como color, textura, estructura, tamaño de grano, forma, y sus características correspondientes al contenido de minerales, como minerales principales, minerales tipo accesorio, grado de meteorización, tipo de alteración y nombre de la roca. (Ver **Cuadro 3**).



Fotografía 2: Toma de muestras

Una vez localizado el afloramiento se procedió a tomar una muestra significativa del mismo, para posterior realizar un análisis macroscópico en laboratorio y propinar datos específicos de la roca, para ello fue necesario el uso de la siguiente tabla:



Cuadro 3: Ficha de descripción de afloramientos y descripción macroscópica de rocas

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS					
Responsable:		Afloramiento N°			
Carta Topográfica					
UBICACIÓN					
Provincia:		Cantón:		Parroquia:	
FOTOGRAFÍA	Sector:		DATUM:		
		Localización	X:	Y:	Z:
		Tipo de afloramiento	Natural		
			Antropogénico		
		Dimensiones	Largo		
Ancho					
TIPO DE MATERIAL					
Tipo de Roca					
Meteorización					
Datos estructurales					
DESCRIPCIÓN					
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LAS ROCAS					
Código de Muestra:				FOTOGRAFÍA	
Descripción Petrográfica:	Color				
	Textura				
	Estructura				
	Tamaño del grano				
	Forma de los clastos				
	Matriz				
Mineralización	Minerales principales				
	Minerales accesorios				
	Tipo de alteración				
	Nombre de la roca				
Observaciones:					



5.3.2. Metodología para el segundo objetivo

“Realizar un inventario de deslizamientos presentes en el área de estudio”

- Se obtuvo las fotografías aéreas del área por parte de la empresa SETIA GROUP.
- Mediante fotointerpretación, la cual se la realizó de acuerdo a los datos obtenidos de las ortofotos y el Modelo Digital de Elevación (DEM) proporcionado por la empresa SETIA GROUP a través de la fotogrametría, en donde el dron se encontraba a 96m de altura, el cual realizó 2 planes de vuelo con 250m de ancho para tener más detalle del terreno, cada plan capturó 250 fotografías aéreas de la zona de estudio con una duración de 22 minutos cada uno. Los datos obtenidos constaron con una resolución de 2.5 x 2.5cm en cuanto a tamaño de pixel, ideal para la escala de trabajo de 1:5.000, se procedió a identificar los deslizamientos, con el fin de evidenciar de manera general la magnitud del movimiento y el área de influencia del mismo (Ver ANEXO 4).
- Se realizó salidas de campo con el propósito de corroborar físicamente los deslizamientos percibidos en las orto-fotos.
- Se llenó una ficha de movimientos de masa, la cual contiene una base de datos con información referente a tipo de deslizamiento, origen, litología, estructuras, datos de orientación, morfometría, cobertura y uso de suelo. (Ver **Figura 13**).
- Se realizó la descripción detallada de cada deslizamiento para posterior hacer una correlación entre los mismos, para este caso se tomó en consideración la dimensión del talud, tipo de deslizamiento, sus mecanismos y la litología.

FORMATO MODIFICADO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA Vs 2012										
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas										
								IMPORTANCIA*		
								Alta	Media	Baja
ENCUESTADOR*		FECHA EVENTO*		FECHA REPORTE*		DATOS DE REGISTRO		COD. GRUPO		COD. SIMBA
DD MM AA		DD MM AA		DD MM AA		INSTITUCIÓN*				
POS. DIVISION POLITICA			LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			REFERENTES GEOGRÁFICOS		DOCUMENTACIÓN		FOTOGRAFÍAS AERIAS
Departamento*			Sitio*			PLANCHAS		AÑO		ESCALA
Municipio*			Lat. (GMS)*			AÑO		EDITOR		Nro. Vuelo
Vereda*			Long. (GMS)*			AÑO		EDITOR		Nro. Foto
			Altura*			AÑO		EDITOR		Escala
			Proyección: Magna *							Editor
EDAD		ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO		DISTRIBUCIÓN		DESCRIPCIÓN		LITOLOGÍA Y ESTRUCTURA		ESTRUCTURA
+1 año		Activo		Complejo		Retrocesivo		ESTRUCTURA		ORIENTACIÓN
1-5 años		Reactivado		Conjuncto		Avanzado		Planos de		DR BZ
6-10 años		Suspendido		Multiple		Enstancado		Estratificación		+2 2-0.6 0.6-0.2 0.2-0.06 -0.06
11-15 años		INACTIVO		Sucesivo		Confinado		Falación		
16-20 años		Latente		Único		Creciente		Diadasas		
		Abandonado				Decreciente		Falla		
		Reactivado				Móvil		Discontinuidad		
		Relicto						Esquistosidad		
								NOTA: DR: Dirección de buzamiento. BZ: Buzamiento		
TIPO MOVIMIENTO		SUBTIPO MOVIMIENTO		CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO		TIPO TALUSAL		HUMEDAD		PLASTICIDAD
Caída		Caída de roca		Desliz. traslacional		Desliz. por flujo		Roca		Alta
Volcánico		Caída de detritos		Desliz. en cuña		Avalancha de detritos		Detritos		Media
Deslizamiento		Caída de tierras		Desliz. traslacional en cuña		Flujo de tierra		Muy húmedo		Baja
Flujo		Volcán. Resural de roca		Desliz. traslacional planar		Crecido de detritos		Húmedo		No plástica
Proyección Lateral		Volcán. de roca		Desliz. de rocas		Flujo de turba		Lento		
Resaca		Volcán. masco rocoso		Avalancha de rocas		Flujo de arena		Seco		
Deform. Gravít. Profundas		Volcán. masco rocoso		Flujo de detritos		Desliz. licuación de arena				
		Desliz. rotacional		Flujo de todo		Desliz. licuación de lodo				
ORIGEN SUELO		TIPO MOVIMIENTO		VELOCIDAD		SISTEMA DE CLASIFICACIÓN				
Residual		Aluvial		Entr. rápido (>5 m/c)		Hutchinson 1958				Cruken y Varner 1996
Sedimentario		Volcánico		Muy rápido (>3 m/min)		Varnes 1978				Huner et al., 2001
		Eólico		Rápido (>1.8 m/hr)		Lento (<1.6 mm/año)				
		Glacial		Lacustre		Muy lento (<1.6 mm/año)				
				Marino						
GENERAL		DIMENSIONES DEL TERRENO		DEFORMACIÓN TERRENO		GEOMORFIA				
Diferencia de altura corona a punta (m)		Ancho de la masa desplazada Wd (m)		MODO		Ondulación				
Longitud horizontal corona a punta (m)		Ancho de la superficie de ruptura Wv (m)		Escalonomiento		SEVERIDAD				
Fährböschung (grados)		Longitud de la masa desplazada Ld (m)		Leve						
Pendiente de ladera en Post-falla (grados)		Longitud de superficie de ruptura Lr (m)		Media						
Pendiente de ladera en Pre-falla (grados)		Espesor de la masa desplazada De (m)		Severa						
Dirección del movimiento (grados)		Profundidad de superficie de ruptura Dr (m)								
Ángulo del talud (grados)		Longitud total L (m)								
INHERENTES		CAUSAS DEL MOVIMIENTO		CONTRIBUYENTES - DETONANTES						
Material plástico débil		Movimiento tectónico		Desembase rápido de presas		Mantenimiento deficiente sistema de drenaje				
Material sensible		Sísmo M ₁ E De P		Erosión para del talud por afloramientos		Escapes de agua de tuberías				
Material cohesivo		Erupción volcánica		Excavación para del talud por corriente agua		Deforestación o ausencia de vegetación				
Material meteor. fisicamente		Lluvias (mm) 24h 48h 72h Mes		Socavación para del talud por oleaje		Minería				
Material meteor. químicamente		Viento		Socavación de marzenes de nos		Disposición deficiente de estantes/escorbos				
Material fallado por corte		Deshielo		Erosión Pluvial		Vibración artificial (trafico, explosiones, hincado pilotes)				
		Avance/Retroceso de placas		Carga en la corona del talud		Erosión Pluvial				
		Rompiendo de lazos en cráteres		Erosión subteranea (licuación, subificación)		NOTAS: C. Condicionante, D. Detonante, I. Inherente				
		Rompiendo de presas		Irrigación		24h(mm). Lluvia acumulada antes del movimiento. M.				

- f) Se visitó por última vez el campo para una revisión final.
- g) Se realizó el mapa final corrigiendo cada uno de los aspectos revisados en campo.

6. RESULTADOS

6.1. Descripción General del Área de Estudio

6.1.1. Ubicación y Acceso

6.1.1.1. Ubicación

La zona de estudio se encuentra ubicada en la región Sur-Este del Ecuador a 44.7 km de la ciudad de Loja. Con respecto a la división política del Ecuador, esta zona pertenece a la provincia de Loja. La zona de estudio delimita al Norte con la parroquia El Tambo, al Sur y Este con la parroquia de Malacatos y al Oeste con el cantón de Catamayo. El área de estudio se encuentra en las siguientes coordenadas.

Tabla 3: Coordenadas del área de estudio

COORDENADAS, WGS 1984			
PUNTO	COTA	X	Y
Inicio	13+300	689511	9540894
Fin	16+400	688836	9539132

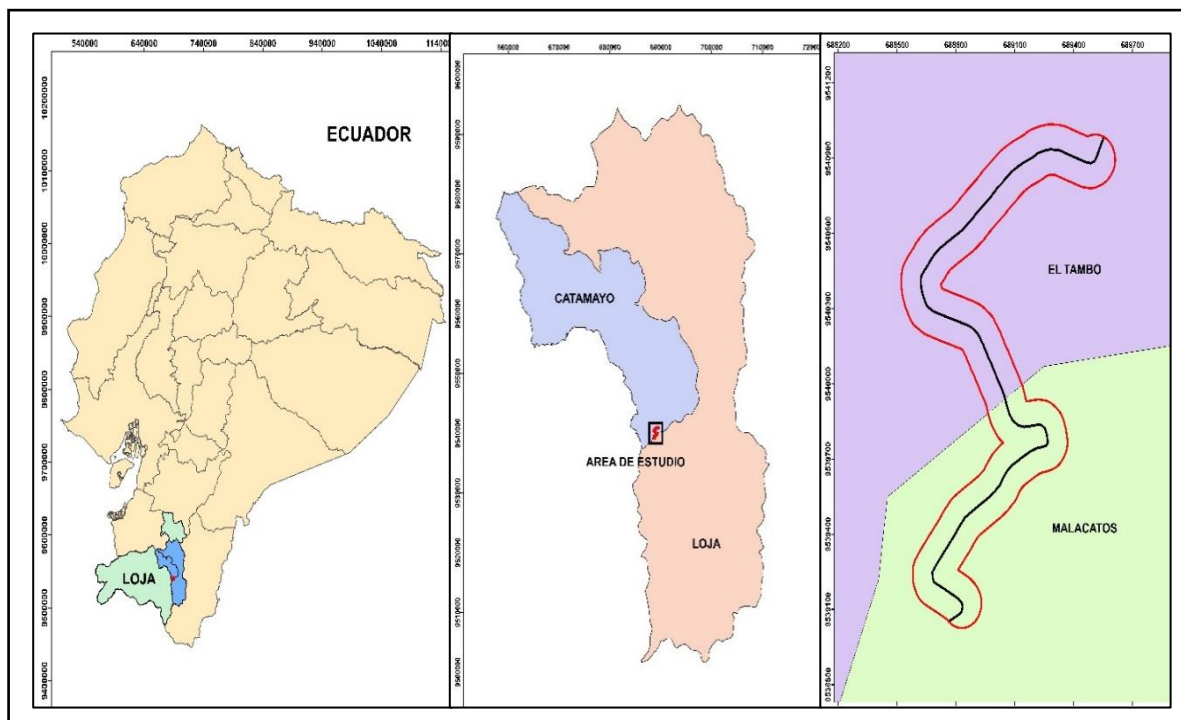


Figura 14: Ubicación del área de estudio

6.1.1.2. Acceso

La provincia de Loja se encuentra ubicada a 12 horas de la ciudad de Quito por vía terrestre, la cual es accesible por medio de la carretera panamericana que atraviesa todo el sector del valle interandino. Las vías de acceso terrestre por la costa al área de estudio son por la vía panamericana Guayaquil - Machala - Catamayo - El Tambo - Malacatos en un periodo de tiempo de 8 horas. El acceso por vía aérea se realiza desde el Aeropuerto Mariscal Sucre de Quito, hasta el Aeropuerto ciudad de Catamayo en un lapso de 1h - 1h11min aproximadamente y desde el Aeropuerto José Joaquín de Olmedo de Guayaquil hasta el Aeropuerto ciudad de Catamayo en un lapso estimado de 1 hora, a partir de este punto se realiza el recorrido terrestre, con un tiempo de duración de 45 minutos hasta la cabecera cantonal.

Desde la cabecera cantonal por la vía Loja-Malacatos el recorrido toma 43 minutos hasta llegar a la parroquia de Malacatos, posteriormente se toma la desviación vial hacia el sitio de estudio por otros 14 minutos, dando un total de 57 minutos de viaje.



Figura 15: Acceso al área de estudio
Fuente: Google Maps (2021)

6.1.2. Datos Generales

Según el (PDOT, 2014 - 2019) el barrio La Merced posee una población de 304 habitantes, 190 habitantes se encuentran en La Merced Alta y 114 ubicados en La Merced Baja, de los cuales el 51,3% son hombres y el 48,7% mujeres; su tasa de crecimiento intercensal periodo 2001-2010 fue de -0,91%; lo que significa que su población disminuye lo que convierte a el barrio y la parroquia en expulsora neta, dando a notar que su población no va aumentando, en tal caso disminuye brevemente o se mantiene en el mismo número.

6.1.3. Clima

6.1.3.1. Temperatura

La temperatura del sector varía entre 18°C a 20°C, por consiguiente, el clima de este sector es catalogado como Cálido Seco a Cálido Húmedo, la máxima temperatura promedio se registra en el mes de diciembre con 31.4°C y la mínima temperatura promedio en julio con 14.1°C.

Tabla 4: Temperatura promedio de La Merced

Temperatura	
Temperatura máxima registrada	31.4°C
Temperatura mínima registrada	14.1°C
Temperatura promedio	18 – 20°C

Fuente: PDOT (2014 - 2019), adaptado por el autor.

6.1.3.2. Precipitación

La precipitación anual en la parroquia El Tambo, sector La Merced, oscila entre 400 y 900 mm/año, sin embargo, esto varía según el piso climático, así el 39,17% es decir en 8.007,45ha del territorio se registra una precipitación entre los 800 y 900 mm/año; en el 25,93% del terreno, esto es 5.301,23ha la precipitación varía entre los 700 y 800 mm/año y, el 17,22%, es decir 3520.52ha la precipitación varía entre 600 y 700 mm/año. Sin embargo, es necesario destacar que, aunque existen distintos rangos de precipitaciones en el territorio, se evidencia un régimen similar de humedad en toda la parroquia.

Tabla 5: Precipitación de la parroquia El Tambo y sector La Merced.

Precipitación		
Sector y Porcentaje	Territorio (ha)	Intervalo
39.17% de la parroquia	8007.45	800 a 900mm/año
25.93% de la parroquia	5301.23	700 a 800mm/año
17.22% de la parroquia	3520.52	600 a 700mm/año
Parroquia El Tambo, sector La Merced		400 a 900mm/año

Fuente: PDOT (2014 - 2019), adaptado por el autor.

6.1.4. Flora y Fauna

6.1.4.1. Flora

En el bosque primario existente en la parroquia crecen importantes especies como: orquídeas, helechos, huicundos, musgos y parásitas y se evidencia además buena

regeneración de especies forestales. No obstante, de ello en la parroquia también se registran algunas especies vegetales que actualmente se encuentran en peligro de extinción entre ellas las más importantes son: cedro, porotillo, faique, higuerón y sauce.

6.1.4.2. Fauna

En cuanto a la fauna la parroquia cuenta con algunas especies protegidas y en peligro de extinción tales como: venados, guanchacas, perdiz y pericos, de la misma manera se encuentra en la parroquia ganado: vacuno, caballar, porcino, bobino, caprino, entre otros y avícolas tales como: aves de corral, patos, pavos reales, gallinas guineas, palomas de castilla entre otras.

6.1.5. Uso de suelo

En la parroquia El Tambo el principal tipo de cobertura vegetal es el matorral húmedo alto, que se presenta en el 26,1% del territorio es decir 5.337,6ha, en el predominan especies achaparradas de poco valor forestal. La siguiente cobertura en importancia es el pastizal que comprende 20,9% del total parroquial es decir 4.276,24ha; seguido por el matorral seco alto que se presenta en el 19,9% correspondiente a 4071.63ha y el pasto natural 12,9%, es decir 2639.40ha.

Posterior a las coberturas descritas están los cultivos siendo importante mencionar que en la parroquia existen de tres clases: los asociados andinos en la parte alta de la zona; los asociados subtropicales, los situados en la parte media y el cultivo de la caña de azúcar; por esto el Tambo se lo conoce a nivel provincial como “La despensa del sur”, y se constituye en el mayor proveedor de los Ingenios Azucareros del Cantón Catamayo.

Tabla 6: Uso de suelo de la parroquia El Tambo

Uso de Suelo		
Tipo	Territorio (ha)	Porcentaje
Matorral húmedo alto	5337.6	26.1%
Pastizal	4276.24	20.9%
Matorral seco alto	4071.63	19.9%
Pasto natural	2639.40	12.9%

Fuente: PDOT (2014 - 2019), adaptado por el autor.

6.1.6. Hidrografía

La red hidrográfica presente en la parroquia el Tambo se ubica en la zona alta de cuenca hidrográfica del río Catamayo, en las estribaciones de la Cordillera Occidental. La parroquia es parte integral de la cuenca principal que es la de Catamayo-Chira en una extensión de 20.441,28ha con 39.44%. Además, se halla conformada por siete micro cuencas, la más importante es la que conforma la quebrada Indiucho que comprende una extensión de 7.335ha, es decir 14.15%; la siguiente es la que forma la quebrada San Agustín en un área de 4.843,84ha correspondiente a 9.35%; la quebrada El Huayco cubre el 18,94% de la parroquia, es decir un 9816.38ha con y, un porcentaje de 18,12% son drenajes menores, es decir 9391.38ha.

Tabla 7: Hidrografía de la parroquia El Tambo

Hidrografía		
Cuenca	Territorio (ha)	Porcentaje
Catamayo – Chira	20.441,28	39.44 %
Indiucho	7.335	14.15 %
Quebrada San Agustín	4.843,84	9.35 %
Quebrada El Huayco	9.816,38	18.94 %
Drenajes menores	9.391,38	18.12 %

Fuente: PDOT (2014 - 2019), adaptado por el autor.

6.1.7. Geología Regional

El área de estudio corresponde a una zona rural, que compromete las parroquias de El Tambo y Malacatos, provenientes de los cantones de Catamayo y Loja respectivamente, y se encuentra geológicamente atravesado por 4 formaciones que se describen a continuación.

6.1.7.1. Unidad Chigüinda

Se encuentra ampliamente expuesta en el flanco occidental de la Cordillera Real y formando el basamento de las cuencas de Loja y Vilcabamba. Incluye secuencias de rocas metamórficas de bajo grado con filitas, cuarcitas, esquistos pelíticos y esquistos grafitosos, según Hungerbuhler (2002).

6.1.7.2. Formación Loma Blanca (Oligoceno)

Tiene una potencia de 2002m, según Kennerley (1973), comprende rocas volcánicas de acidez intermedia tales como tobas, tobas aglomeráticas, igminbritas, pómez, brechas volcánicas, flujos; además la presencia de diques y sills, revelan la proximidad de algunos centros eruptivos que frecuentemente los intruyen, menciona Hungerbuhler (2002), esta formación es considerada como la más antiguas de la cuenca de Malacatos, después de la Unidad Chiguinda. Hacia el Norte ocupan el ancho total de la cuenca, pero en dirección Sur están cubiertas de sedimentos que le permiten aflorar solamente en una banda estrecha a lo largo del lado oeste de la cuenca.

Las tobas son generalmente de color amarillo y de composición riolítica andesítica, asegura Pilatasig (2005). Los aglomerados pueden contener bloques parcialmente quebrados de más o menos un metro de diámetro. En el Sur, las tobas dominan y los aglomerados contienen muchos cristales de cuarzo y fragmentos de filitas que miden desde 0.01 a 0.04m de diámetro. Estos últimos se presume que han sido extraídos de la pared del conducto que atravesó las filitas de la serie Zamora, por donde fueron expulsados los piroclastos, menciona Hungerbuhler (2002).

La formación Loma Blanca se asienta discordantemente sobre el basamento metamórfico Paleozoico (Unidad Chigüinda) y son sobreyacidas por las rocas sedimentarias de la Cuenca de Malacatos y de la formación Gonzanamá en el Norte. La formación Loma Blanca está cubierta en aparente concordancia por la formación San José.

Hungerbuhler (2002) describe a estas rocas volcánicas de edad Paleoceno- Eoceno-Oligoceno ($40.6 \pm 5.4 - 26.6 \pm 4.0$ Ma.). La formación Loma Blanca fue confundida con la joven formación Saraguro, ya que presentan similares litologías, pero se distinguen debido a que fueron depositadas en diferentes épocas y son de distintas regiones geográficas.

6.1.7.3. Formación San José (Mioceno Superior)

Consta principalmente de areniscas calcáreas de espesor variable y calizas micríticas. Además, existen brechas bioclásticas, láminas y capas de gravas con guijarros volcánicos menores, lutitas bioturbadas con forma de disco no fosilíferos, acumulación de caliza micrítica, se encuentran con frecuencia capas de areniscas gruesas. Es discordante y sobreyace a la formación Loma Blanca en el bloque La Granja, en la parte Nor-Oeste y

central de la cuenca. La serie sedimentaria más baja de la cuenca fue asignada por Hungerbühler (1997), se localiza en el pueblo de San José; y en parte sustituye la Formación Algarrobbillo de Kennerley (1973). El espesor máximo de la formación es de 200m según Hungerbuhler (2002).

Las areniscas calcáreas y calizas contienen abundantes fósiles ostrácodos, bivalvos, gasterópodos, escalopados, foraminíferos, núcleos de charophyte, dientes y huesos de pescado. Los foraminíferos marinos de agua dulce y salada, la fauna ostrácoda implica un ambiente deposicional marino costero con diferentes aportaciones de agua dulce. La asociación de facies de arenisca se compara con ondas de arena formadas en las corrientes de marea en los canales de estuarios y en parte de la desembocadura de canales de un delta. Las delgadas areniscas calcáreas y calizas representan la llanura de inundación y depósitos de laguna. En conclusión, la fauna y la información de las facies sugiere que la Formación San José se depositó en mareas dominadas por deltas ambientales.

6.1.7.4. Formación Santo Domingo (Mioceno Medio)

Fue descrito por Hungerbühler (1997); y sustituye la parte superior de la Formación Algarrobbillo y la Formación Cabalera de Kennerley (1973). La formación, que sobreviene en el Norte y dominando en el bloque de La Granja, es dividida en dos miembros. El espesor es variable hasta un máximo de 700m según Hungerbuhler (2002).

El Miembro Carbón está compuesto de repetidas secuencias de pozos estratificados bituminosos, pizarras negras y limolitas menores, en parte areniscas canalizadas con intervalos de estratificación cruzada y laminaciones onduladas tipo ripple. Las pizarras bituminosas contienen hidrocarburos con un rendimiento del 60-80kgr/ton, mencionan Litherland y otros (1994). Los depósitos calcáreos y diques clásticos son omnipresentes y varias capas de carbón continúan lateralmente, las mismas que alcanzan una potencia de 2m según Putzer (1968).

El Miembro de Yeso verdoso, de grano medio, areniscas bien ordenadas con laminaciones onduladas tipo ripple y láminas de limolita. El yeso primario se produce en las areniscas como agujas prismáticas verticales y recristaliza los planos en embudos formando lentes de brecha.



El yeso secundario es muy abundante hasta 0.20m de espesor. El yeso también se concentra en grandes estructuras tipo pliegues, se encuentra cerca de la mina La Merced y en la quebrada de Santo Domingo. Se pueden observar moderadamente y mal conservados gasterópodos (similar a la especie *Dyris* en la cuenca de Loja), camarones (similares a los *Penaeus maddenii* en la Formación Loyola en Cuenca), se han encontrado ostrácodos y dientes de peces, no se puede determinar su edad con mayor detalle.

Las antiguas edades sobreponen a las edades obtenidas en la formación San José confirman una interferencia entre las dos formaciones como también se sugiere desde el mapeo de campo. Las facies y la mineralogía de formación Santo Domingo implica ajuste de depósitos deltaicos costeros con predominio de las mareas y entornos pantanosos, similar a los de la formación San José.

Putzer (1968) menciona que el alto contenido de azufre de los carbones sugiere la formación en un medio costero, tales como marismas salinas según Styan y Bustin (1984). Además, la alternación con intervalos del yeso y el carbón (contienen fósiles, hojas que indican un clima tropical bajo; ej. Berry (1945)), sugiere que la deposición se produjo en diversas condiciones de seco y húmedo a lo largo del borde de la llanura costera, afirma Hungerbühler (1997).

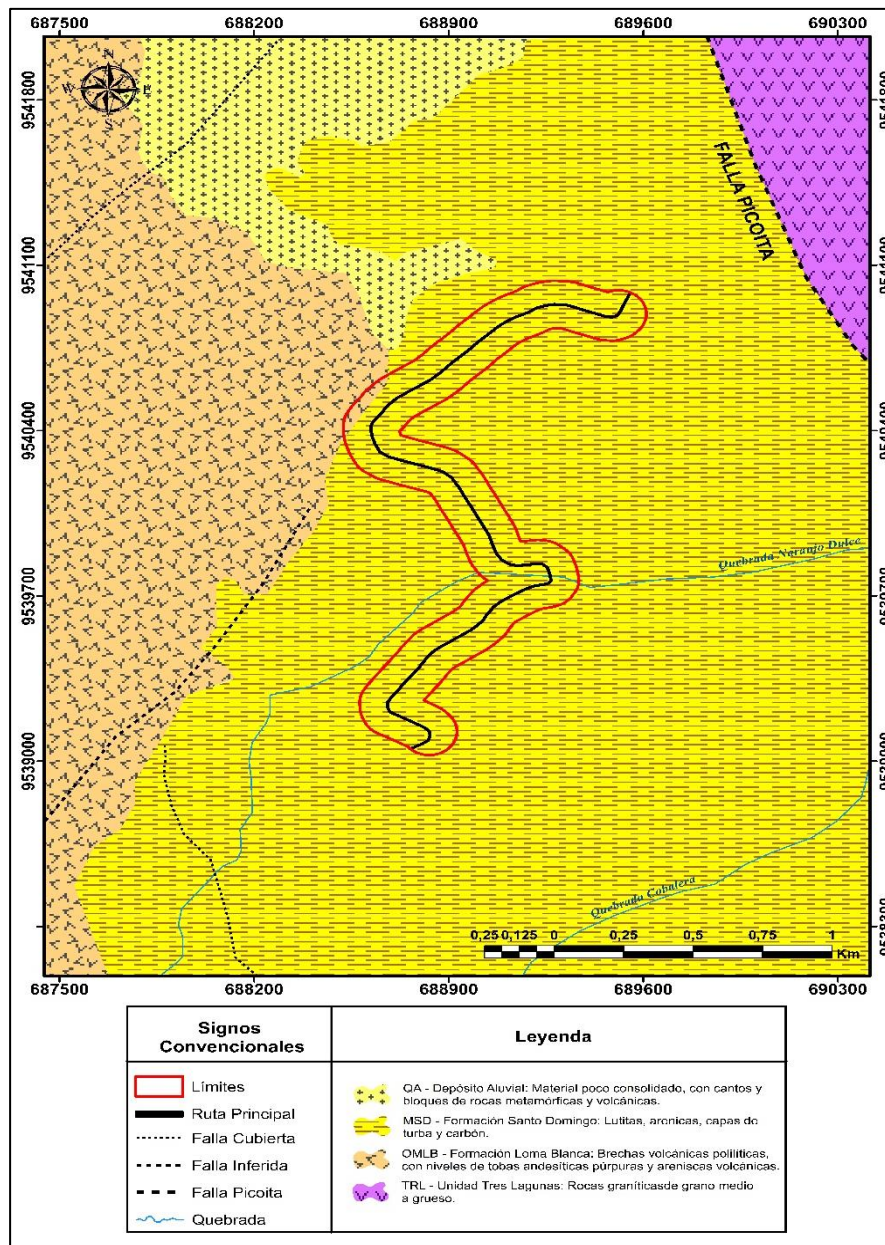


Figura 16: Geología Regional

Fuente: Hoja Geológica 57 Gonzanamá (CT-NVII-B serie J62-G a escala 1:100.000), adaptado por el autor.

6.2. Resultados de Campo

6.2.1. Topografía y Pendientes

6.2.1.1. Topografía

El área de estudio se caracteriza por estar localizado en un ambiente irregular donde predomina el relieve colinado bajo (RCB), a su vez las cotas mínimas varían entre los

1530 m.s.n.m. debido a la presencia de la quebrada Naranjo Dulce y las elevaciones más prominentes rondan en los 1660 m.s.n.m. dando un desnivel de terreno de 130m.

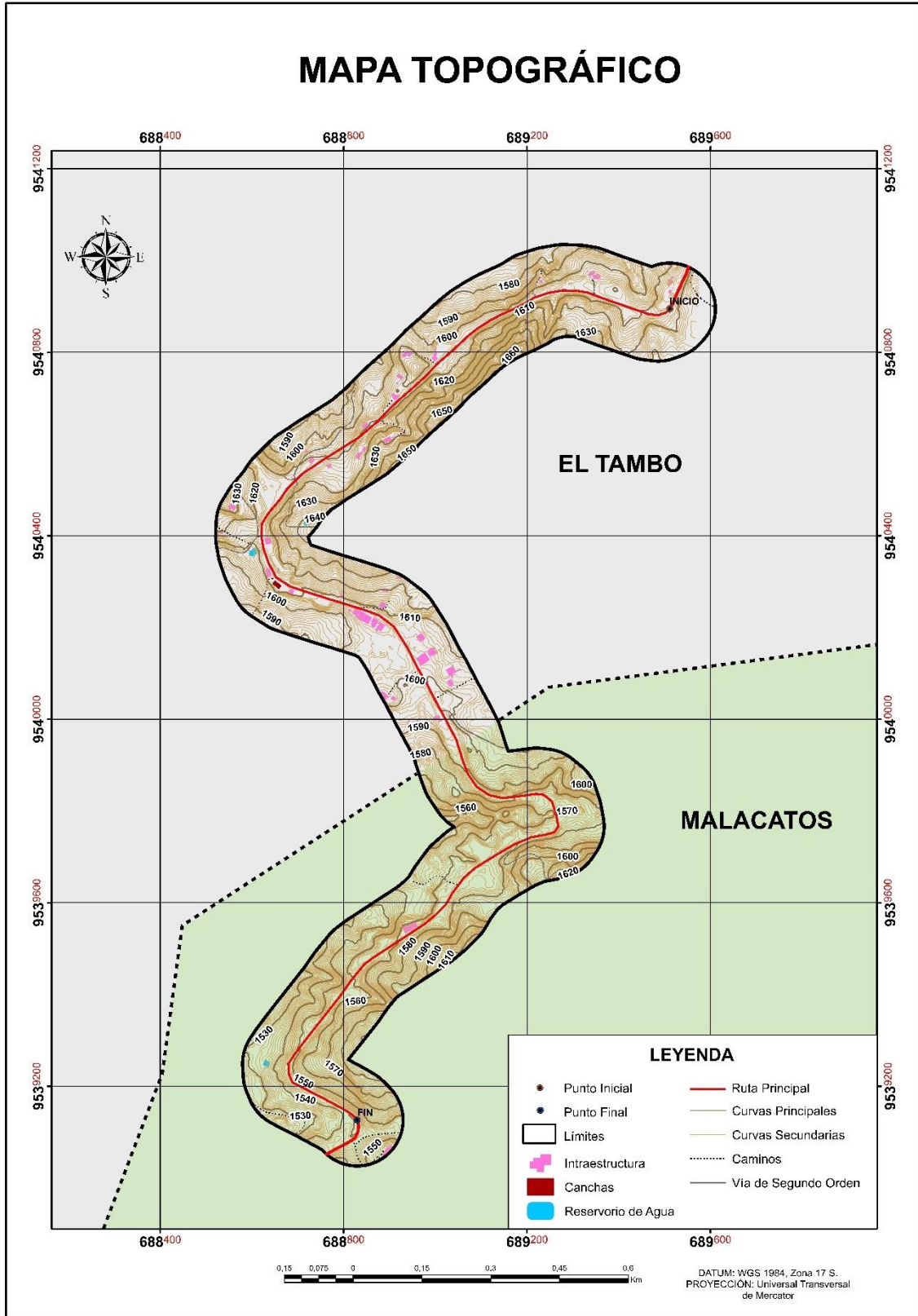


Figura 17: Mapa topográfico del proyecto

6.2.1.2. Perfiles Topográficos

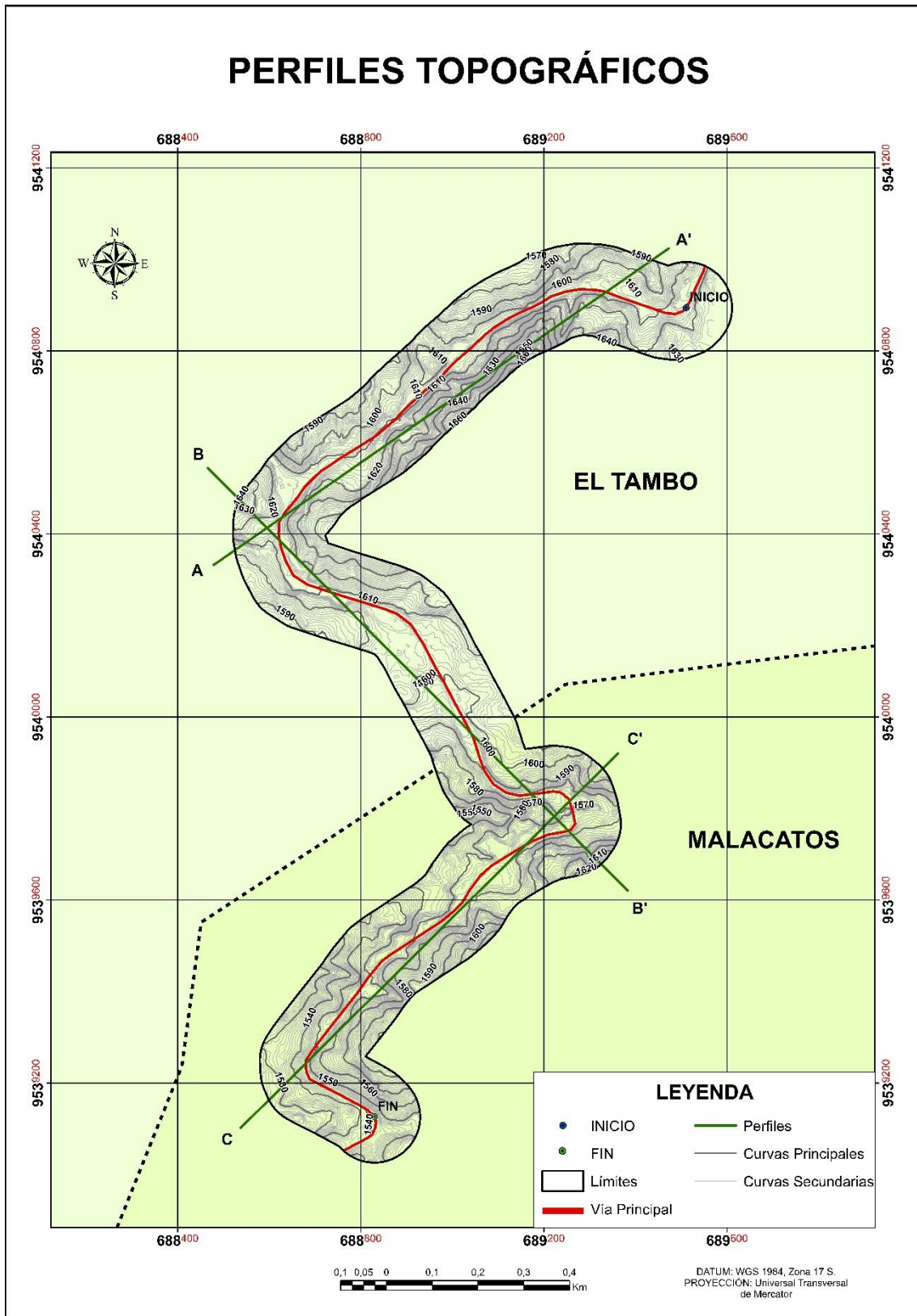


Figura 18: Cortes Topográficos del área de estudio

De acuerdo a la topografía obtenida en base a las curvas de nivel y al área de trabajo, se realizaron 3 perfiles topográficos a lo largo de toda la zona de estudio de manera diagonal con la finalidad de tener información más a detalle de la situación topográfica y obtener una mejor observación geológico estructural del terreno.

En el lado de las abscisas se especifica la distancia (m) del corte y en las ordenadas la cota (m) correspondiente.

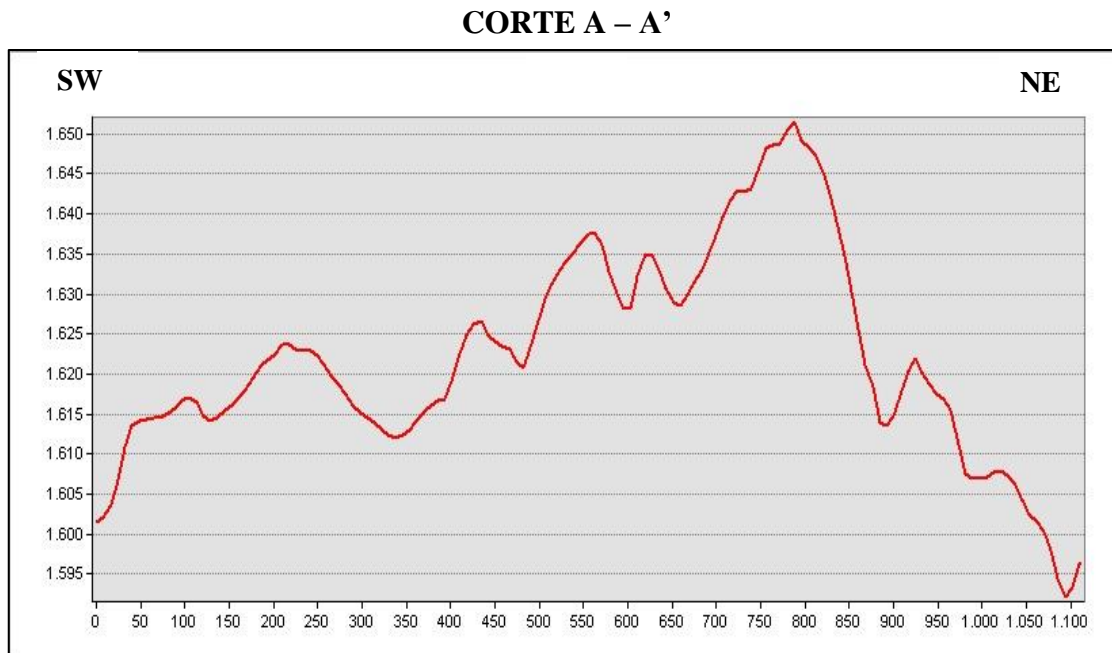


Figura 19: Corte topográfico A-A’ de la zona de estudio

El primer corte A-A’ se lo llevó a cabo de manera diagonal en dirección SW-NE debido a la ubicación de la zona de estudio con una longitud aproximada de 1100m, esto con el fin de obtener una información más detallada acerca del terreno, donde se puede apreciar que los puntos más altos corresponden a las elevaciones ubicadas a los laterales de la vía principal con un tope máximo de 1655 m.s.n.m., a su vez la vía se reposa entre las cotas más bajas correspondientes a 1600 y 1610 m.s.n.m.

CORTE B – B’

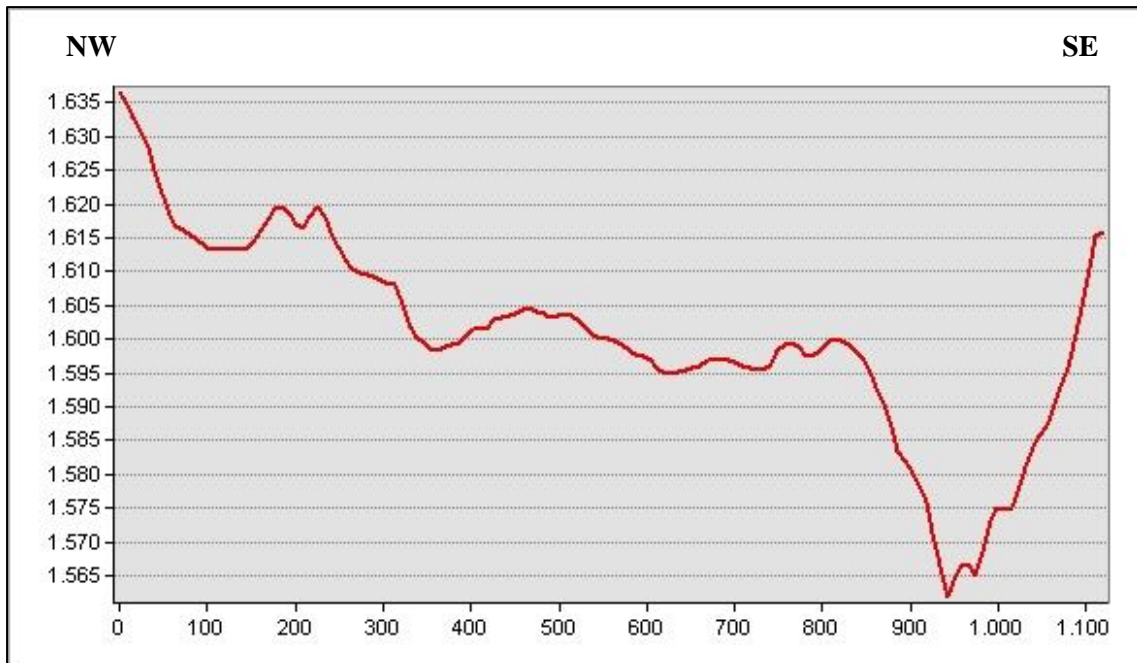


Figura 20: Corte topográfico B-B’ de la zona de estudio

El segundo corte B-B’ se lo realizó en diagonal con dirección NW-SE debido al recorrido de la vía en este punto, consta con una longitud aproximada de 1130m donde la cota más alta es el relieve presente en las estribaciones al costado de la vía con 1635 m.s.n.m., a partir de este punto la cota varía entre 1600 y 1620 m.s.n.m. debido al relieve del terreno y el recorrido natural de la vía y luego existe un descenso abrupto debido a la presencia de la quebrada Naranjo Dulce, en donde coloca a la cota con 1560 m.s.n.m. aproximadamente, para posterior empezar el ascenso por las laderas de las elevaciones colindantes hasta llegar a los 1610 m.s.n.m. que es en donde la vía reposa en la mayoría de su recorrido.

CORTE C – C’

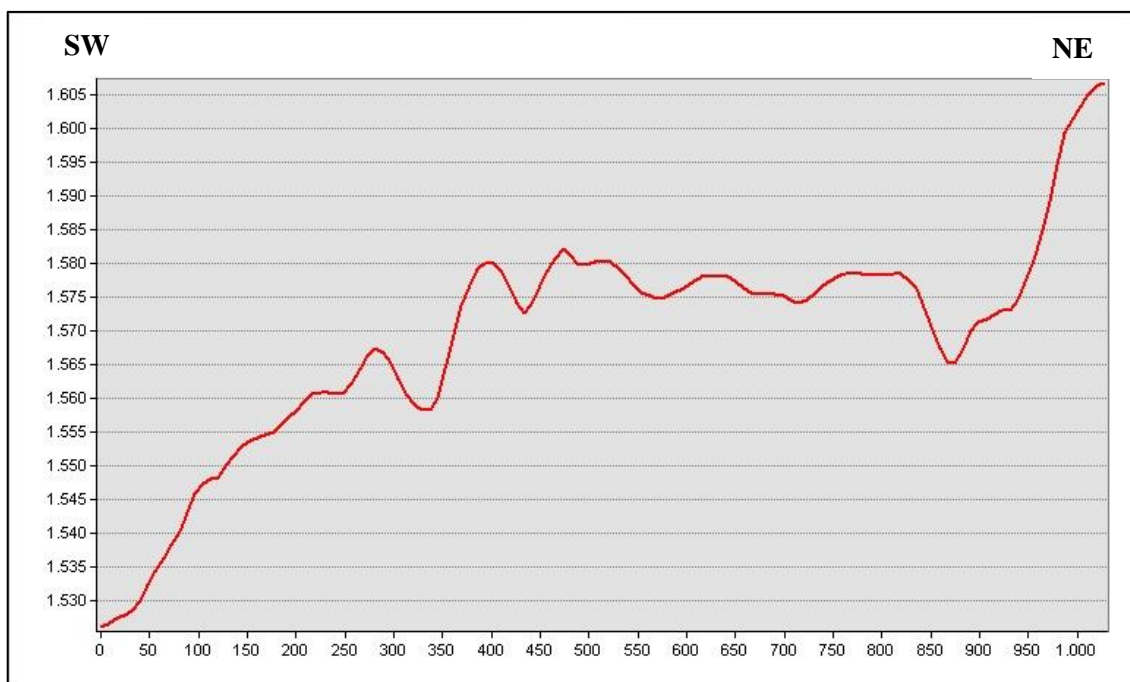


Figura 21: Corte topográfico C-C’ de la zona de estudio

El tercer y último corte se lo realizó al igual que el primero de forma diagonal en dirección SW-NE, en este se puede apreciar un ligero descenso en cuanto a las cotas, las cuales tienen un rango entre de 1560 y 1580 m.s.n.m. debido a que la vía se dirige en dirección a la parroquia de Malacatos en donde su cota promedio es de 1470 m.s.n.m.

6.2.1.3. Pendientes

Con base en las curvas de nivel del terreno obtenidas por el dron brindado por la empresa SETIA GROUP y con el área de estudio establecida a 100m del eje de la vía, se realizó el mapa de pendientes en el software ArcGIS 10.3 y su clasificación fue realizada en base a la tabla de (Demek, 1972), añadiéndole el área (ha) y el porcentaje que representa en el terreno.

Tabla 8: Clasificación de pendientes del proyecto

PENDIENTES				
Color	Rango (°)	Clase	Área (ha)	(%)
	0 – 5	Ligeramente inclinado	6.42	10.01
	5 – 15	Fuertemente inclinado	25.76	40.19
	15 – 35	Muy inclinado	30.58	47.65
	35 – 55	Empinado	1.34	2.15

Fuente: Demek (1972), adaptado por el autor.

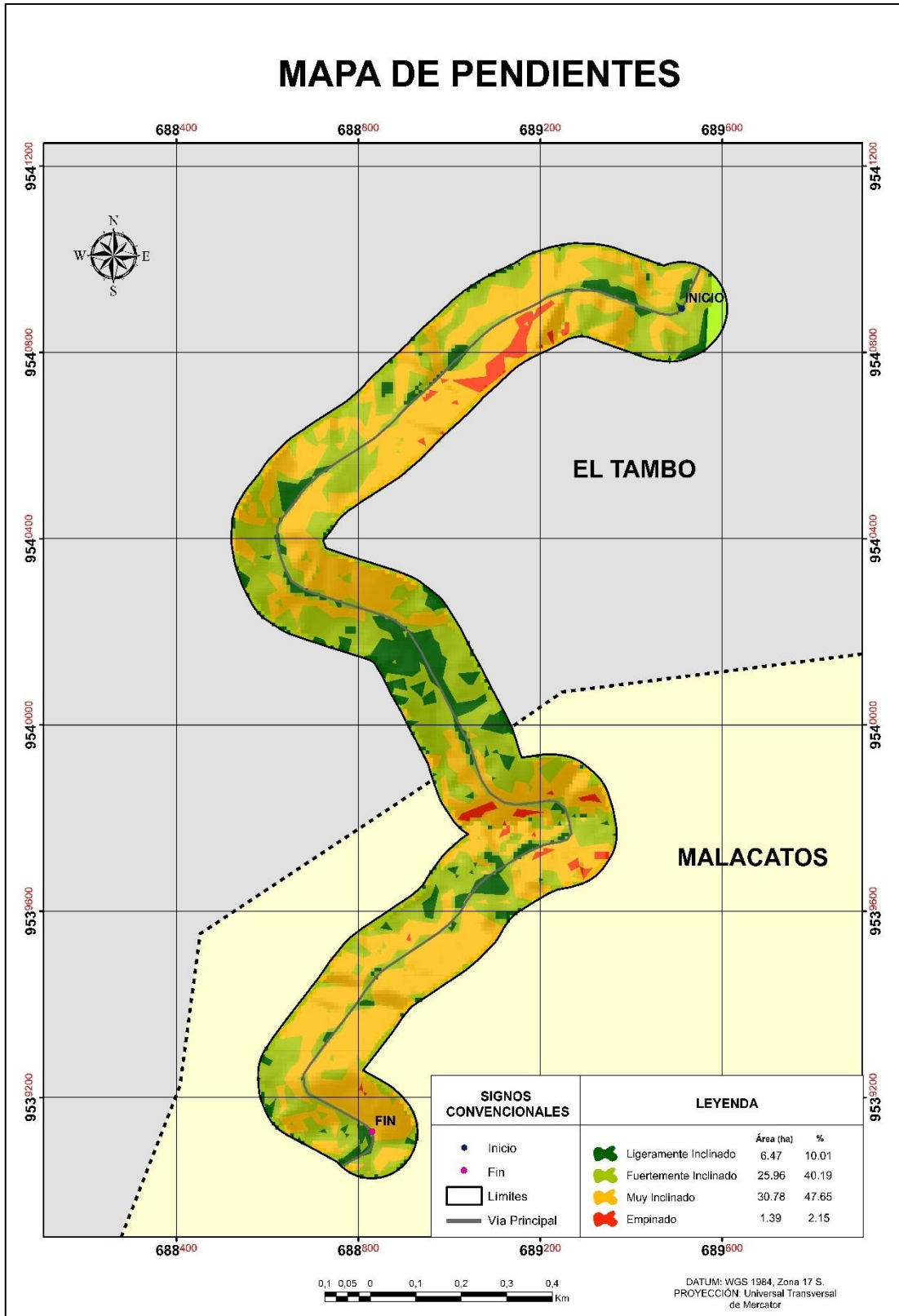


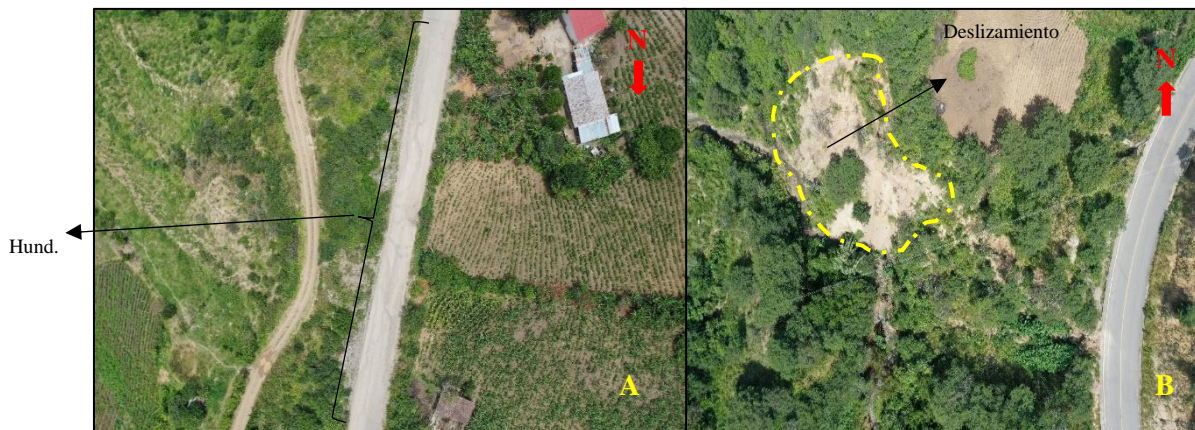
Figura 22: Mapa de pendientes del proyecto

6.2.2. Fotointerpretación

Una vez obtenidos los datos del dron (orto-fotos) y contar con el área de estudio se procedió a analizar aspectos generales como geomorfología, cursos de agua, vegetación, uso de suelo y estructuras geológicas. (Ver ANEXO 4).



Fotografía 3: Equipo utilizado para el levantamiento del sitio de estudio. A. (Dron). B. (Calibración del dron)



Fotografía 4: Fotointerpretación. A. (Hundimiento por falla). B. (Deslizamiento)

Analizando las orto-fotos se pueden apreciar a lo largo de todo el territorio de estudio diferentes estructuras, entre éstas las fallas, en la presente imagen (A) se logra apreciar un cambio en la continuidad de la calzada con un ligero hundimiento, que son indicios claros de un movimiento, en (B) se aprecia una zona erosionada con pendiente, la cual a priori indica un movimiento de terreno.

Estos resultados sirvieron como guía para la corroboración en campo de los diferentes aspectos vistos en las fotografías aéreas, para a su vez corregirlos de manera presencial y a detalle lo que se encontraba in situ para su respectivo análisis a posterior.

6.2.3. Geomorfología y Relieve

De manera general el PDOT (2014 - 2019) de la parroquia El Tambo, elaborado por ZEDIFRAMA (2014 - 2019), dice que el relieve predominante en El Tambo es de tipo montañoso, ya que se presenta en el 71,26% del territorio y corresponde a 14.566,37ha; los siguientes en importancia son los relieves colinado muy alto que se presenta en el 8,29% y la vertiente de cuesta que abarca el 6,30% del total parroquial. Este relieve ondulado y quebrado, consiste en terrenos escarpados y lomas pronunciadas.

En lo correspondiente a la zona de estudio ubicada en el sector de La Merced, se avistaron 6 geformas por medio de la fotointerpretación de las fotografías aéreas (Ver **ANEXO 4**) con ayuda de la topografía y posteriormente observadas en campo, las cuáles se describen a continuación:

6.2.3.1. Relieve Colinado Medio (RCM)



Fotografía 5: Cuestas estructurales vistos desde la parte Sur

Esta secuencia se ubica en X: 689288, Y: 9539980 y aflora prácticamente en todo el tramo de estudio geomorfológico, está formando cuestas estructurales y chevrones, su buzamiento preferencial es hacia el SE con ángulos en el buzamiento que van desde los 20° hasta los 50°. La principal característica de (RCM) es que la altura de sus elevaciones ronda entre los 100m y poseen una pendiente de hasta 70°.

6.2.3.2. Relieve Colinado Bajo (RCB)



Fotografía 6: Frentes de cuesta vistos desde la parte sur

La presente imagen nos muestra una secuencia de estratos compuestos de arcillas y lutitas alternadas entre sí, los cuales descansan en un frente de cuesta para a partir de ahí elevarse con un ángulo de 55° de pendiente, la estructura mide aproximadamente 22m. la característica principal de (RCB) es que su altura no sobrepasa los 30m y su pendiente oscila entre los 40 y 70° .

6.2.3.3. Relieve Colinado Muy Bajo (RCMB)

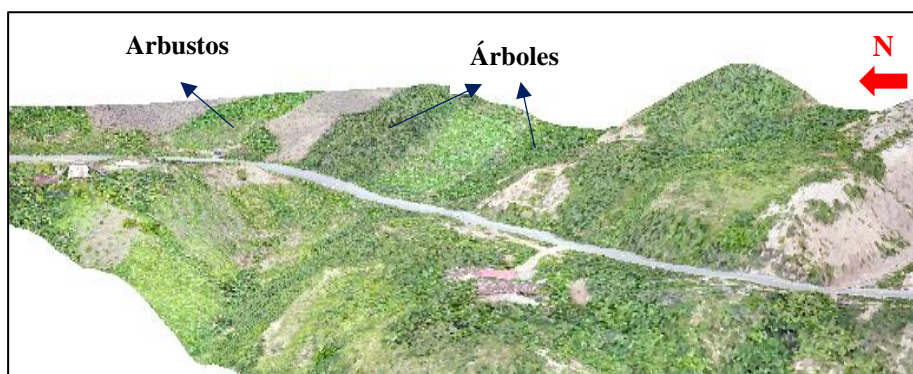
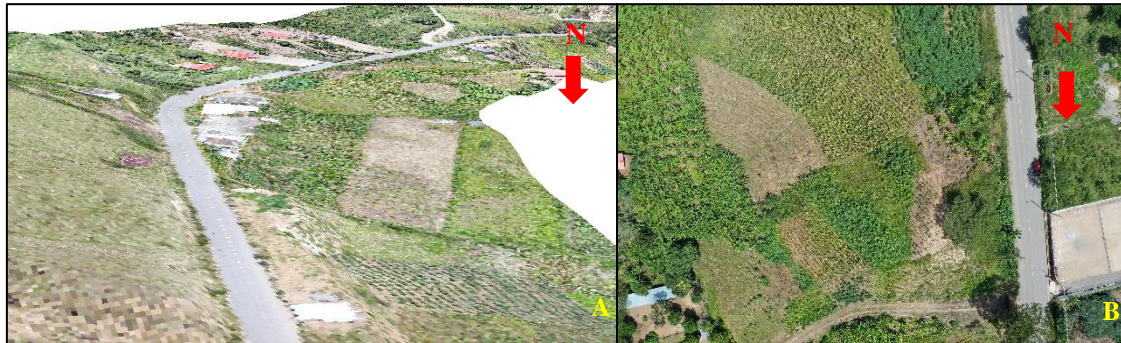


Figura 23: Relieve colinado muy bajo

Esta geoforma está caracterizada por tener cimas bajas y ligeramente planas, las cuales están cubiertas por vegetación de tipo arbustiva y arbórea a lo largo de toda su superficie. Este tramo se encuentra en los primeros 200m a partir del punto de inicio.

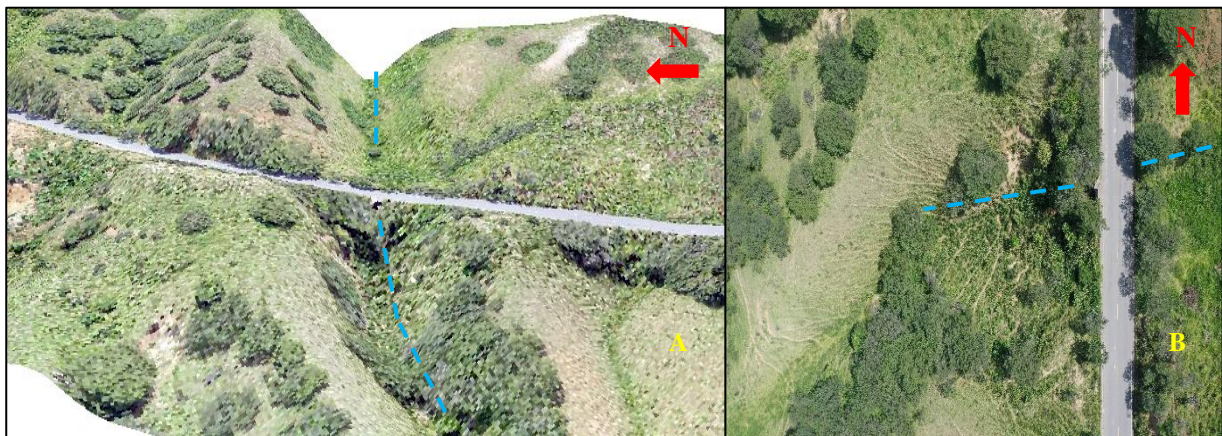
6.2.3.4. Glacis de esparcimiento (GE)



Fotografía 7: Glacis de esparcimiento, A (Vista lateral), B (Vista aérea)

Este tipo de terreno se avista en varios puntos a lo largo de la vía, en donde se caracteriza por tener una inclinación menor a las geformas anteriores, ésta no sobrepasa el 5% de inclinación con respecto a su plano axial natural.

6.2.3.5. Terraza media (TM)



Fotografía 8: Terraza media, A (Vista lateral), B (Vista aérea)

Esta geofoma se encuentra en el último tramo del área de estudio, el cual corresponde a un antiguo nivel de sedimentación del río, cuya vegetación local evidencia una antigua corriente de agua que arrastraba los materiales erosionados de las elevaciones adyacentes hasta llevarlos a cotas inferiores para depositarlos y luego ser meteorizados por el viento.

6.2.3.6. Valle en V (VV)



Figura 24: Valle en forma de V

A un costado de la vía en el puente con las abscisas (15+354) y (15+368) se puede apreciar un valle en forma de V, debido a que las estribaciones de las elevaciones han sido erosionadas por las precipitaciones que desembocan en la quebrada Naranja Dulce, provocando que los sedimentos arrancados de las paredes de éstas sean arrastrados y corran corriente abajo hasta donde la velocidad de la corriente es insuficiente para transportarlos más lejos.

Tabla 9: Clasificación geomorfológica del proyecto

GEOMORFOLOGÍA				
Color	Código	Geoforma	Área (ha)	(%)
	RCM	Relieve Colinado Medio	13.36	20.84
	RCB	Relieve Colinado Bajo	24.31	37.93
	RCMB	Relieve Colinado Muy Bajo	15.45	24.10
	GE	Glacis de Esparcimiento	8.14	12.70
	TM	Terraza Media	2	3.12
	VV	Valle en V	0,84	1.31

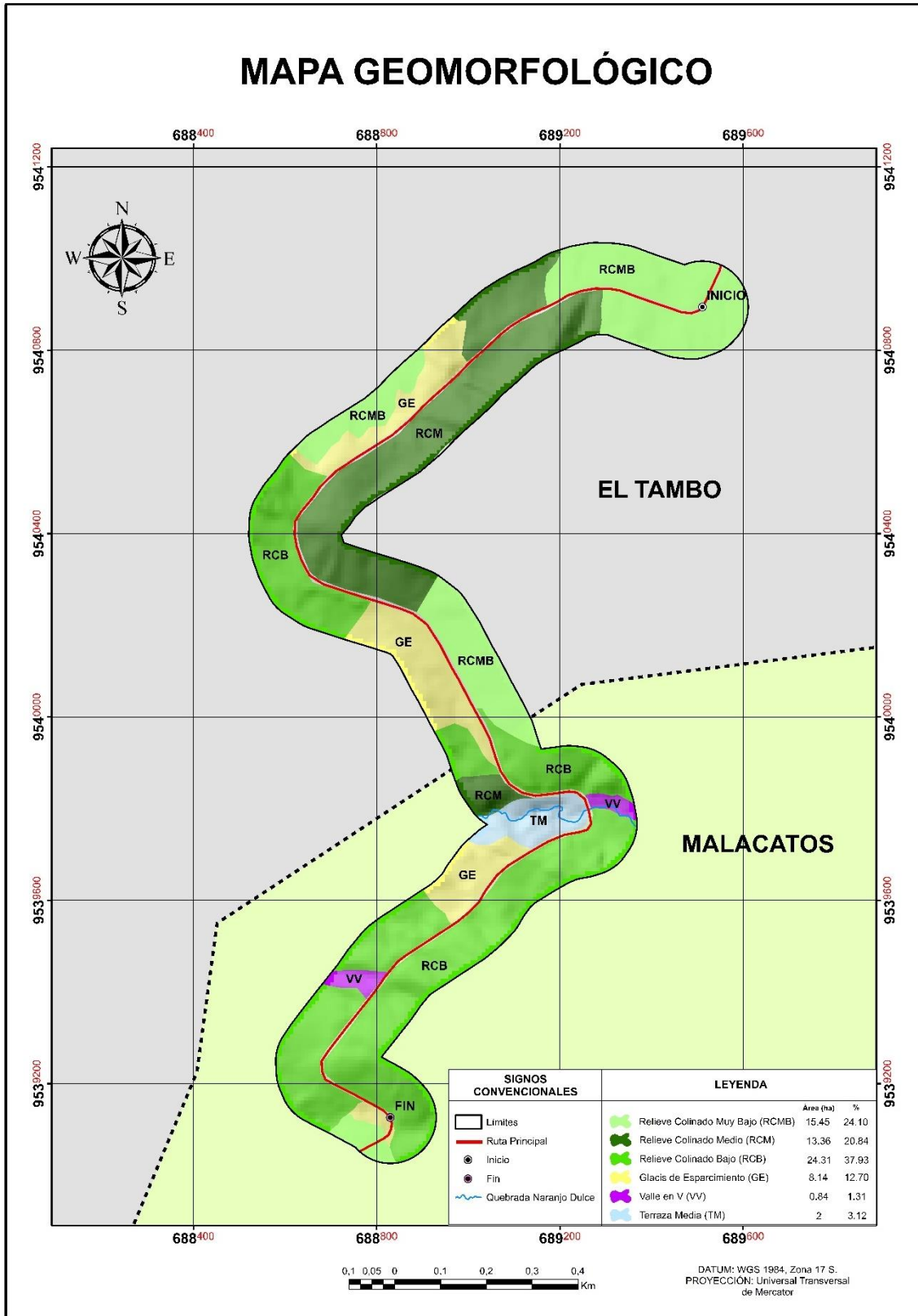
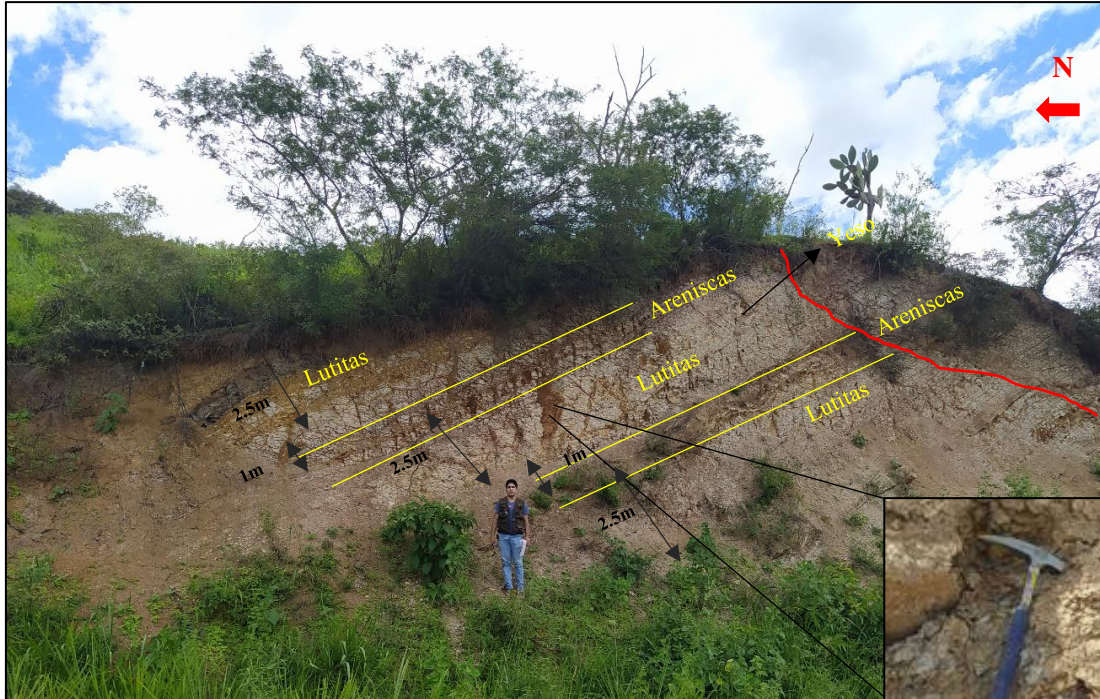


Figura 25: Mapa geomorfológico del proyecto

6.2.4. Geología Local

La geología evidenciada a lo largo de tramo de la vía Intervalles son afloramientos con semejantes características litológicas, con pocos cambios de facies, siendo un ambiente sedimentario transicional el cual corresponde a las secuencias sedimentarias de la cuenca de Malacatos. (Ver ANEXO 1).

6.2.4.1. Secuencia sedimentaria: Lutitas y areniscas con yeso



Fotografía 9: Laminación paralela de lutitas y areniscas, Fm Santo Domingo

Frente a la vía principal sector Naranja Dulce, se encuentra una secuencia de lutitas con estratos de areniscas estratificadas ($S85^{\circ}E/20^{\circ}SW$) cuyos espesores varían de 0,1m a 5m. Los estratos se muestran lateralmente continuos, las limolitas y lutitas se halla en contacto discordante con las capas de areniscas, poco compactas y está afectada por una micro falla de ($S85^{\circ}E/25^{\circ}SW$), posee vetillas de yeso cruzadas con las lutitas, con óxido de hierro en todo el afloramiento. Se encuentra ubicado en las coordenadas $X= 688963$, $Y= 9539541$, $Z= 1568m$.

6.2.4.2. Lutitas y limolitas



Fotografía 10: Lutitas, limolitas y areniscas. A. (Slumps de lutitas). B. (Concreciones)

Los principales afloramientos analizados se aprecian como estructuras de tipo slumps y concreciones, ubicados en las coordenadas X: 689260, Y: 9539826, los cuales nos indican como ha sido la depositación de esta secuencia por consecuencia de una zona transicional con aportes marinos. Se observa una secuencia de lutitas, arcillas y limolitas; sobre estas se observan areniscas de grano medio a grueso estratificadas ($S82^{\circ}E/50^{\circ}SW$); además de un contacto definido por arenisca en la parte baja de 1.3m de espesor, carbón de 0.4m de espesor con secuencia de lutitas estratificadas ($N65^{\circ}E/54^{\circ}SE$), y al tope se aprecia una capa ligera de conglomerados.

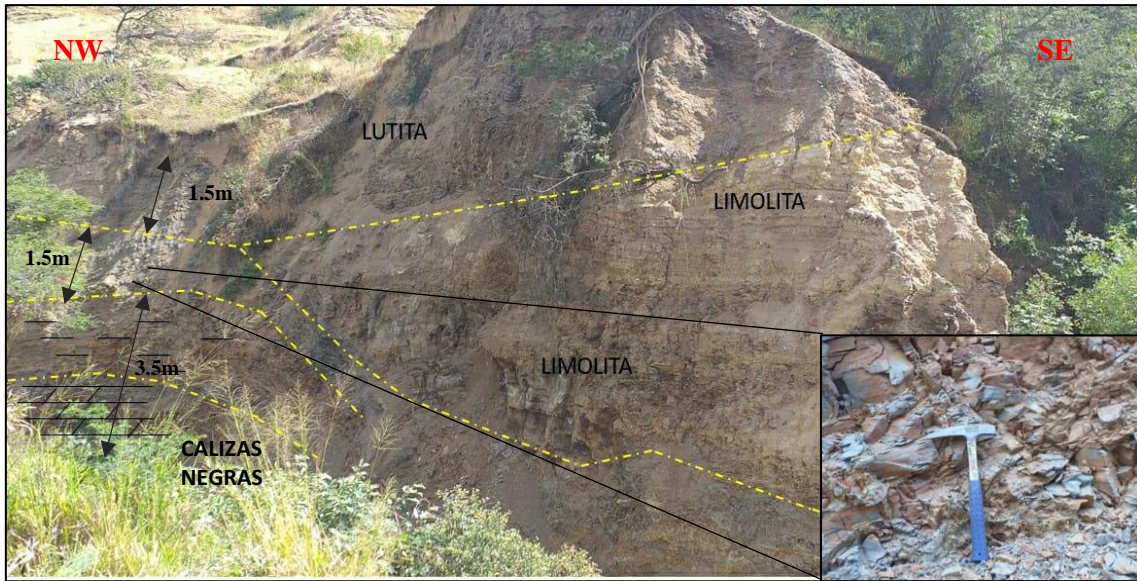
Además, se aprecia en algunas zonas la presencia de capas carbón y vetillas de yeso, cuya potencia varía de 0.2m a 2m de matriz limo arenosa, los tonos varían de gris a marrón claro. Bibliográficamente esta secuencia se asemeja a la Formación Santo Domingo descrita por Hungerbuhler (2002).



Fotografía 11: Bloque noroccidental, loma Sotohuayco

Esta secuencia estratigráfica se encuentra ubicada en las coordenadas X: 688822, Y: 9540736, en el sector Sotohuayco, consta de lutitas de color gris, marrones, limolitas. Se observa asentamientos muy esporádicos de arenisca de grano medio a grueso, presencia de azufre dando coloración amarillenta al exterior de las rocas a lo largo de toda la formación. Las capas presentan una amplia continuidad lateral, se encuentran estratificadas ($S85^{\circ}E/41^{\circ}SW$) de manera subvertical y su potencia varía de 2 a 10m. No se aprecian estructuras deformadas ni tienen componentes calcáreos. El afloramiento se muestra erosionado con presencia de materia orgánica (raíces), de inestabilidad baja ya que se observa un ligero desprendimiento y acumulación de material en la parte baja de la misma.

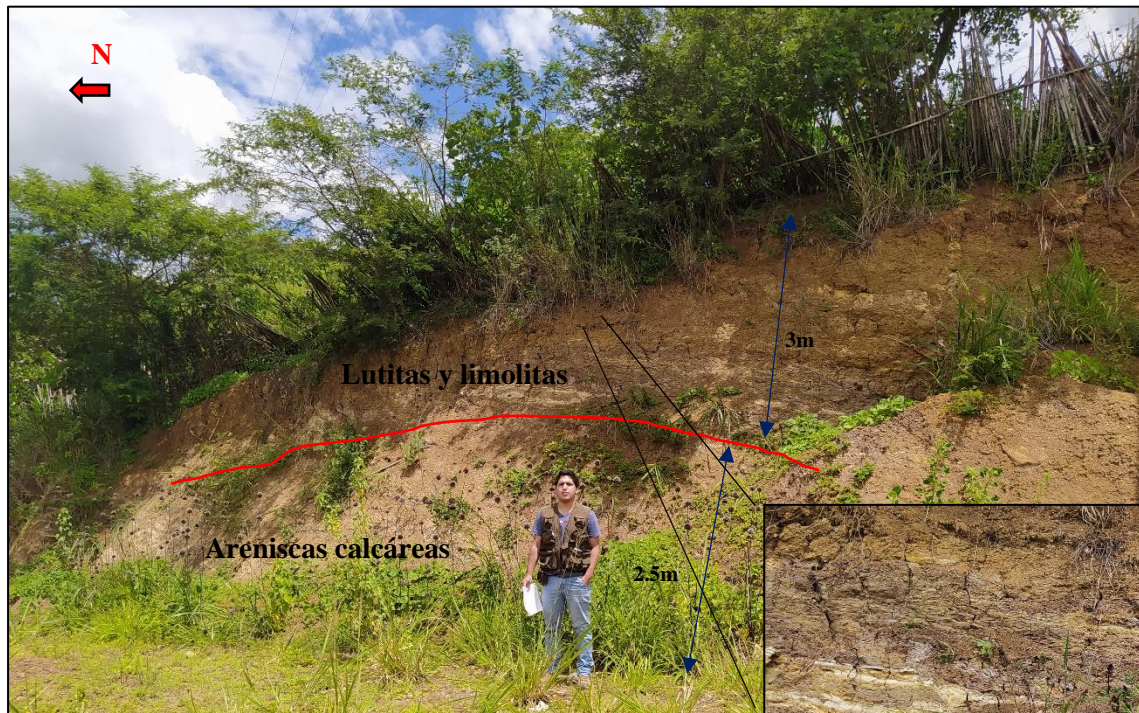
6.2.4.3. Secuencia de calizas negras, lutitas y limolitas



Fotografía 12: Secuencia de calizas negras, lutitas y limolitas, Fm Santo Domingo

Descendiendo hacia el Noreste a 100m en la quebrada Naranjo Dulce, se puede apreciar un afloramiento de calizas negras con una secuencia de lutitas calcáreas en la parte inferior y una secuencia estratificada de lutitas no calcáreas y limolitas en la parte superior ($S70^{\circ}E/10^{\circ}SW$), las cuales podrían marcar un cambio de ambiente de depositación y un probable contacto que marcaría cambios importantes en el ambiente de depositación en la época; las lutitas, según Hungerbuhler (2002), pueden ser micríticas por lo que tienen afinidad a la Fm San José descrita por este mismo autor, localmente presentan algunas vetillas de yeso lo cual es un indicador de haberse desarrollado en un ambiente evaporíticos. Se encuentra ubicado en las coordenadas $X= 688963$, $Y= 9539541$ y $Z= 1521m$.

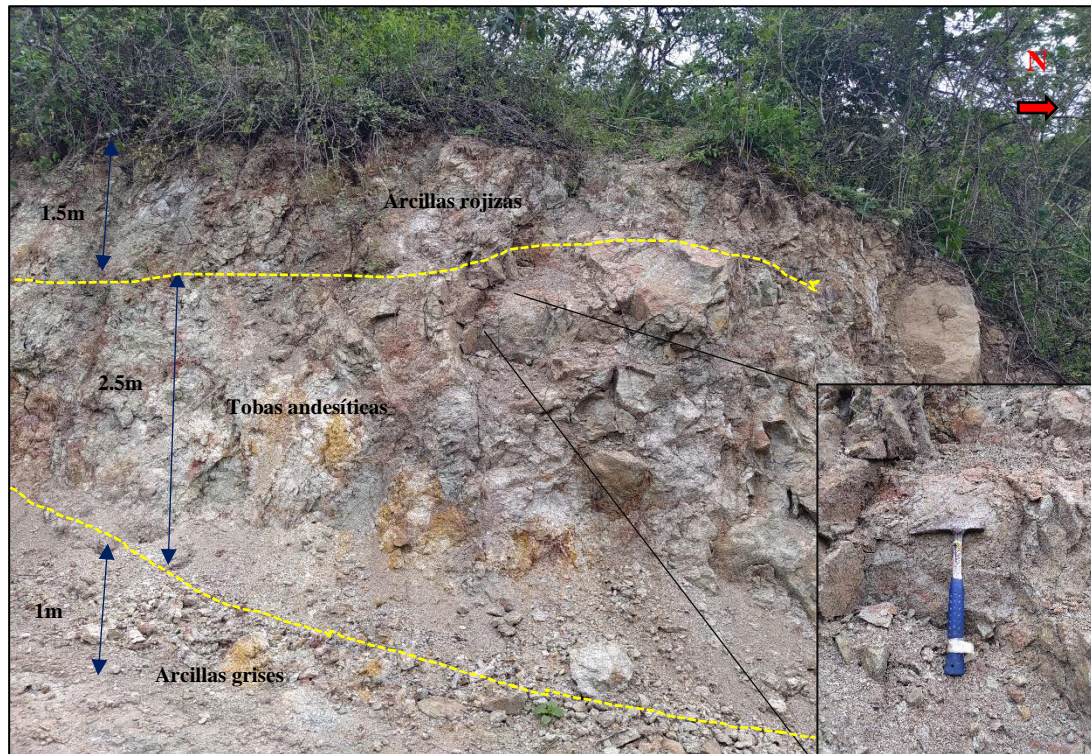
6.2.4.4. Areniscas calcáreas



Fotografía 13: Contacto entre areniscas calcáreas con una secuencia de lutitas y limolitas. Fm San José

El presente afloramiento se encuentra en las coordenadas X: 688651, Y: 9540350, en el cual se ha podido encontrar en algunos sectores areniscas calcáreas bien compactas, las cuales están sobre puestas por una capa de lutitas ligeramente oxidadas, con colores que varían de gris a amarillo, estratificadas ($S85^{\circ}E/35^{\circ}SW$), cuyos espesores varían de 1 a 3m respectivamente, provenientes de un ambiente de depositación marino somero, estas son de grano medio a fino y presentan clastos metamórficos en su composición. En la parte central del afloramiento las limolitas y las lutitas se encuentran en secuencia con finas capas de yeso oxidadas de 0.002m de espesor, estas se muestran lateralmente continuas y poco compactas.

6.2.4.5. Tobas andesíticas y arcillas



Fotografía 14: Contacto de tobas andesíticas y arcillas de grano fino

En el presente afloramiento que se encuentra a 100m del eje de la vía se halla un contacto de tobas andesíticas con arcillas de grano fino de color gris y rojizo, la presencia de este material volcánico se debe a la formación Loma Blanca, la cual posee brechas volcánicas con niveles de tobas andesíticas, su inclinación (N40°E/45°SE) y el hecho de ser de tipo antropogénico hace que con leves vibraciones en su estructura ésta empiece a resquebrajarse.

A continuación, se muestra el mapa geológico del área de estudio:

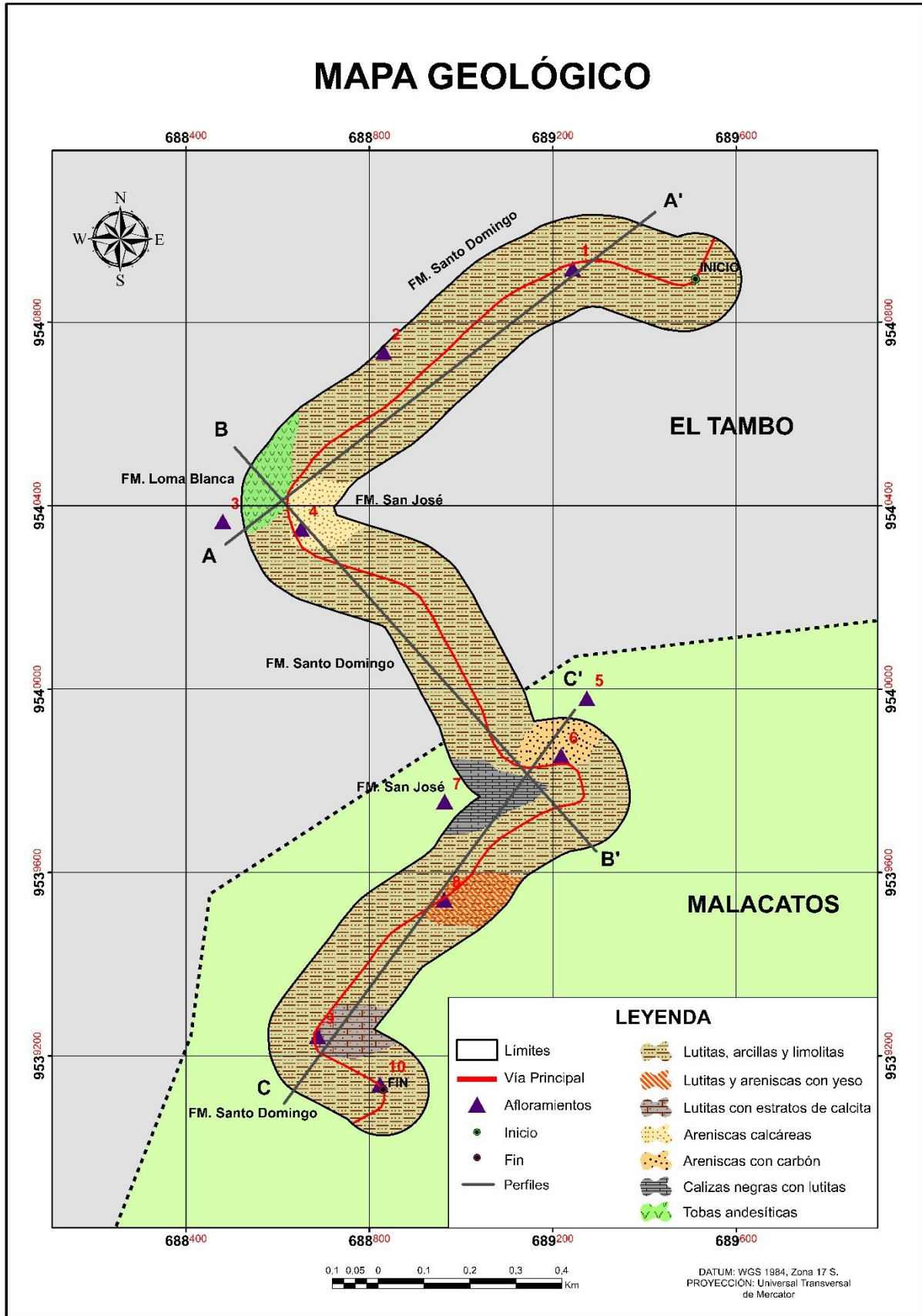


Figura 26: Mapa geológico local del proyecto.

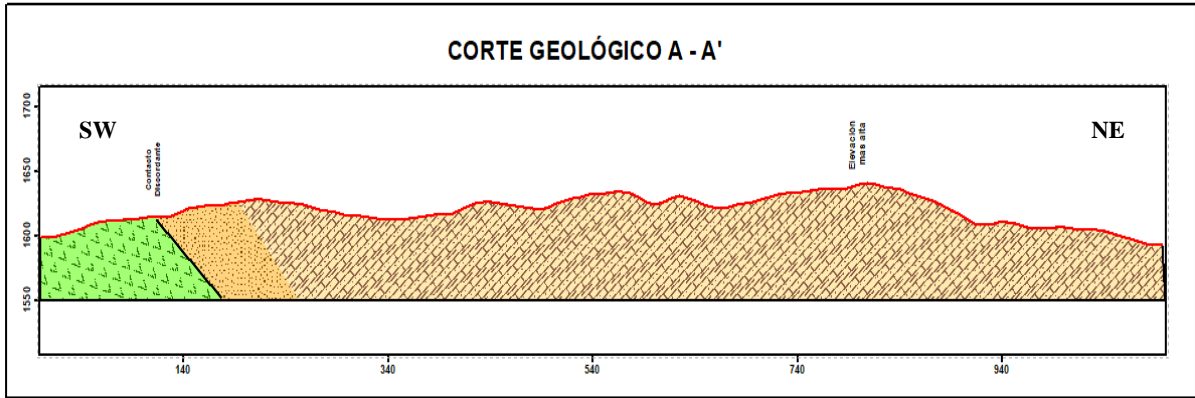


Figura 27: Corte geológico A-A'

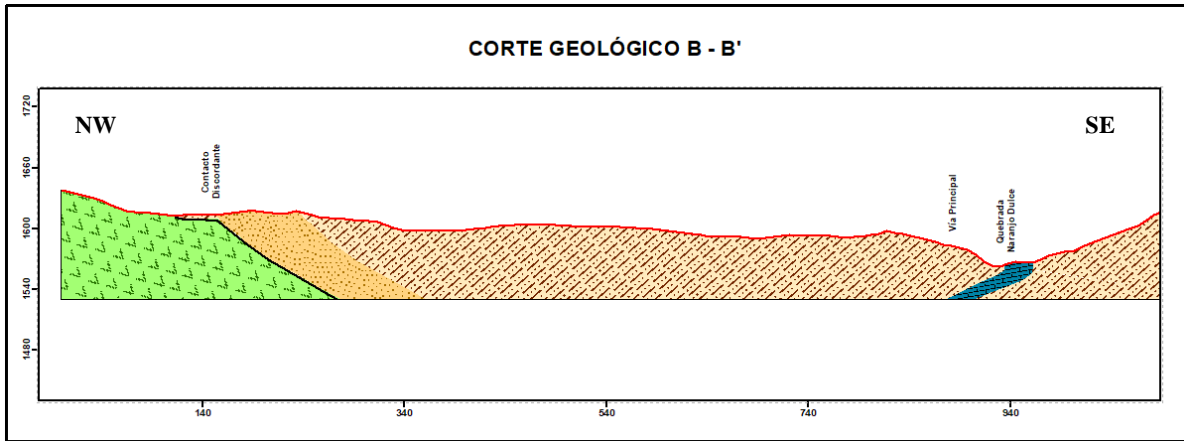


Figura 28: Corte geológico B-B'

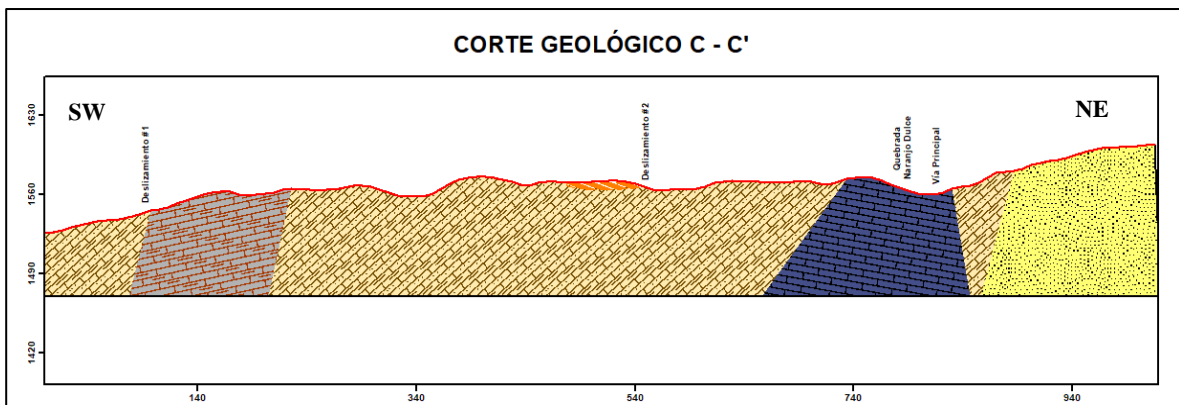


Figura 29: Corte geológico C-C'



Figura 30: Leyenda geológica

El corte geológico A-A' tiene una dirección SW-NE con respecto al observador, en el se aprecia tobas andesíticas pertenecientes a la formación Loma Blanca que entran en contacto discordante con areniscas calcáreas de la formación San José para posterior toparse con rocas de la formación Santo Domingo, las cuales destacan las lutitas, arcillas y limolitas en su mayoría, éstas entran en contacto concordante sobreyaciendo la formación San José debido a que provienen de un ambiente deposicional marino, en donde las rocas locales se asocian formando facies. El corte posee una longitud de 1000m.

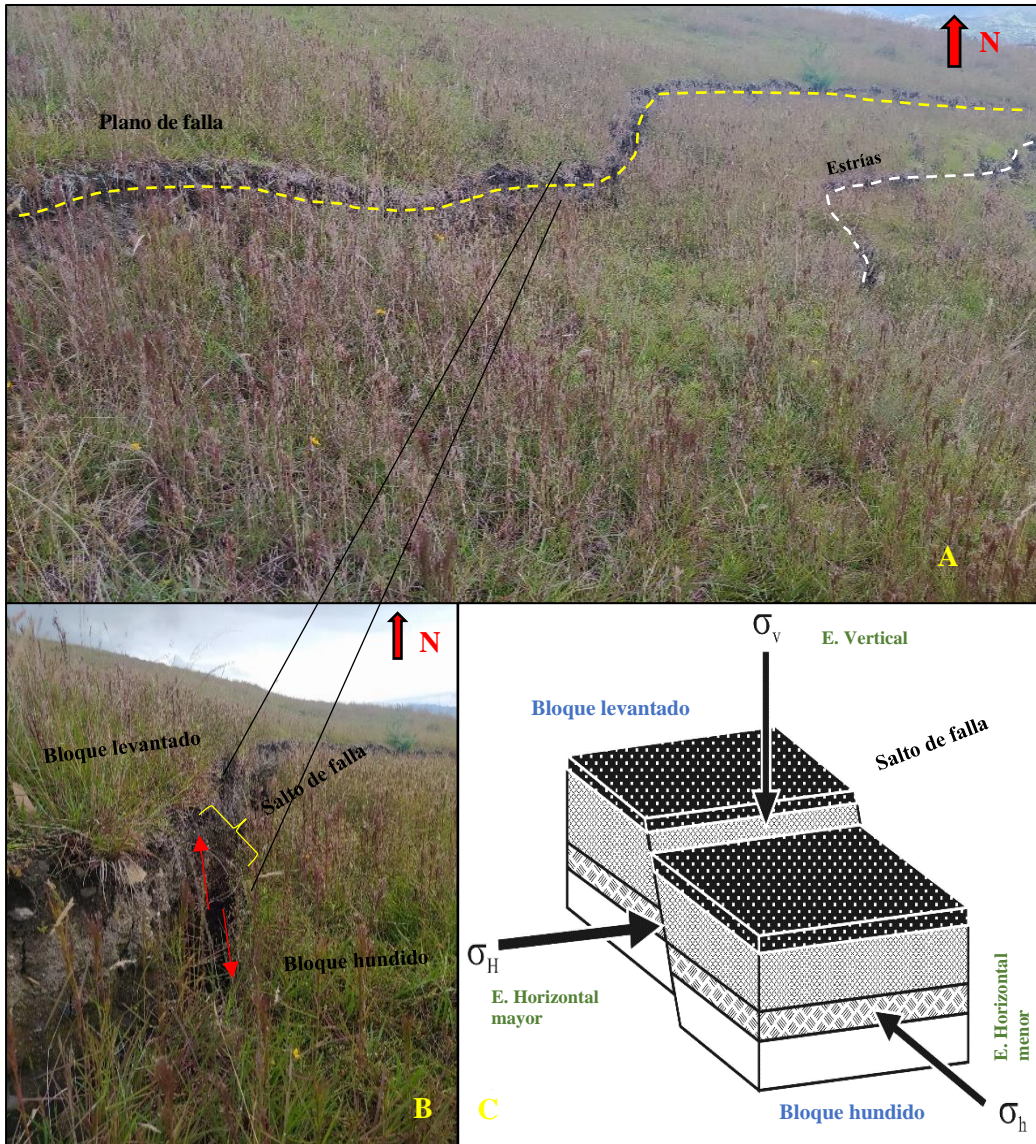
El corte geológico B-B' posee una dirección NW-SE y consta de 1100m, en él se puede observar al igual que el corte anterior un contacto discordante entre tobas andesíticas y areniscas calcáreas, para posterior presentar una predominancia de lutitas, arcillas y limolitas las cuales se topan de manera concordante con calizas negras pertenecientes a la formación San José.

El corte geológico C-C' consta al igual que el primero con una dirección SW-NE, en él se puede apreciar lutitas, arcillas y limolitas en la mayoría del territorio, a su vez se logra divisar lutitas con estratos de calcita en el último tramo del área de estudio, posterior asoman de manera superficial lutitas y areniscas con estratos de yeso, luego existe un contacto concordante entre las calizas negras con las lutitas y areniscas con carbón ubicadas en las inmediaciones de la quebrada Naranjo Dulce, que en la cercanía de la misma existen dos deslizamientos de terreno. Todo el corte tiene una longitud de 1000m.

6.2.5. Estructuras

6.2.5.1. Fallas por desplazamiento de terreno

Mediante fotointerpretación (Ver ANEXO 4), se avistó un ligero desplazamiento en la calzada de la vía, seguida metros después de una ligera elevación en el terreno, estos datos a priori muestran, pero no confirman una falla, por lo que fue necesario recabar información en el lugar en cuestión para poder obtener datos más exactos.



Fotografía 15: Falla normal #1. A. (Plano de falla y estrías). B. (Levantamiento y hundimiento de los bloques). C. (Esfuerzos)

Fuente: Anderson (1905), adaptado por el autor.

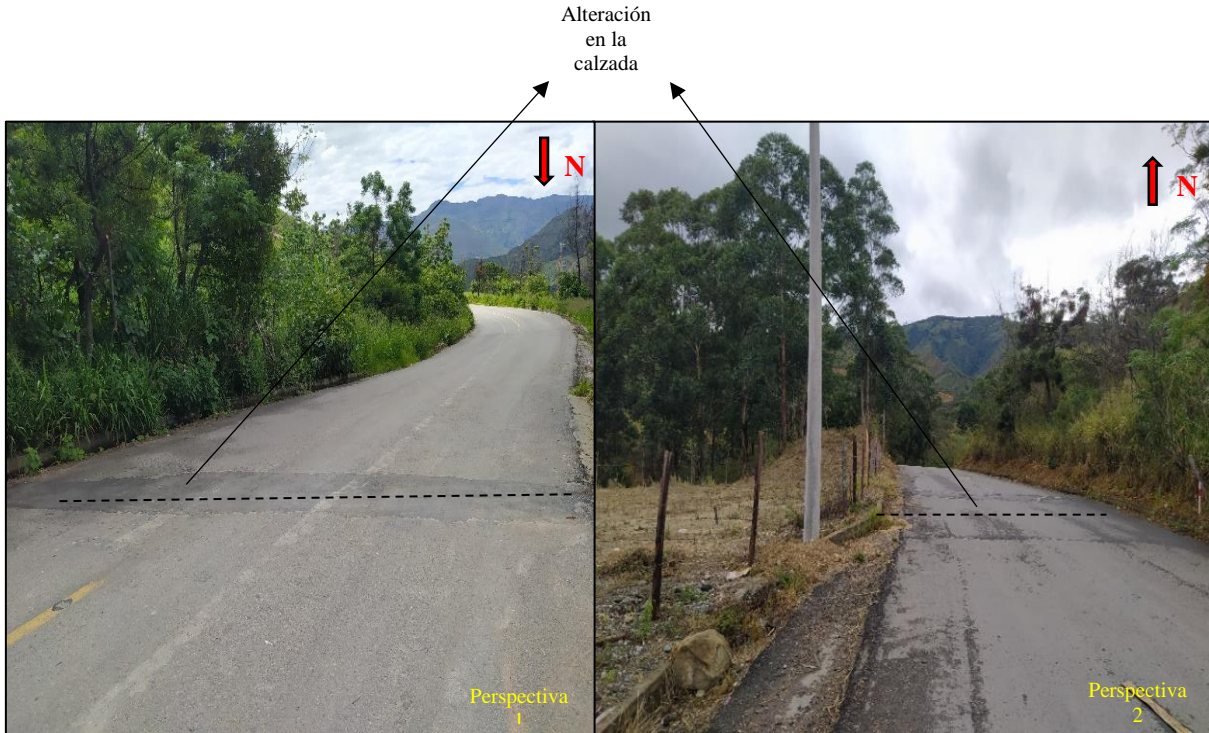
Una vez en el sitio se pudo confirmar la presencia de una falla normal a causa de un movimiento de terreno, debido a que el techo de ésta se eleva con respecto al piso, en donde el bloque levantado (techo) posee 0.60m de diferencia con respecto al bloque hundido (piso), una separación lateral (salto de falla) entre los mismos de 0.23m y una profundidad aproximada de 0.9m. Esta falla está localizada a más de 200m de la vía principal, en dirección noroeste con respecto al afloramiento tres y está en las coordenadas X: 688900, Y: 9539785 y Z: 1540m., posee una dirección N60°W/35°NE y está caracterizada por lutitas y arcillas grises en su estructura.

En base a las observaciones y datos tomados en campo se puede dar un criterio acerca de los esfuerzos que influyen en el movimiento de estos bloques, al ser un movimiento de tipo superficial los esfuerzos principales se dan principalmente de manera vertical y los secundarios de manera horizontal, por lo que fue necesario explicarlo en base al modelo de régimen de Anderson (1905), el cual especifica que en el caso de una falla normal el esfuerzo vertical (σ_v) es superior al esfuerzo horizontal mayor (σ_H) y éste a su vez supera al esfuerzo horizontal menor (σ_h), teniendo así la siguiente formula:

$$\sigma_v > \sigma_H > \sigma_h$$

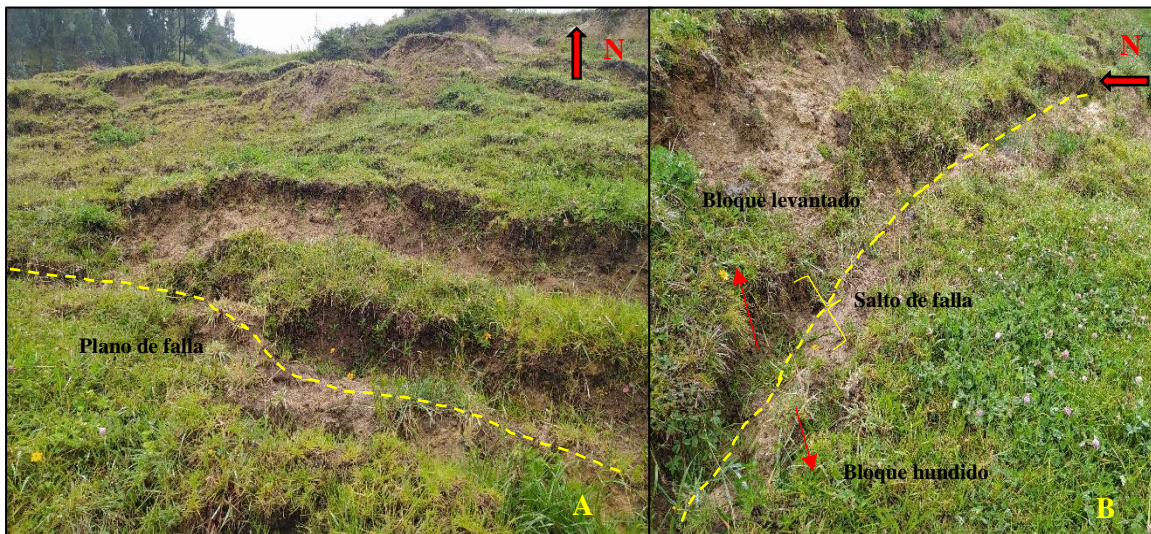
El movimiento del terreno en un plano de falla se da principalmente a causa de la gravedad y su desplazamiento se da cuando el esfuerzo horizontal menor (σ_h) es relativamente bajo debido a factores como la profundidad y la presión de los poros del material accionante. A su vez Anderson (1905) asegura que una falla normal posee un ángulo de buzamiento alrededor de los 60°, en caso de tener un valor menor a este se lo denomina de ángulo menor, por lo tanto, con los datos tomados en campo el nombre técnico de la falla #1 es “falla normal de bajo ángulo”.

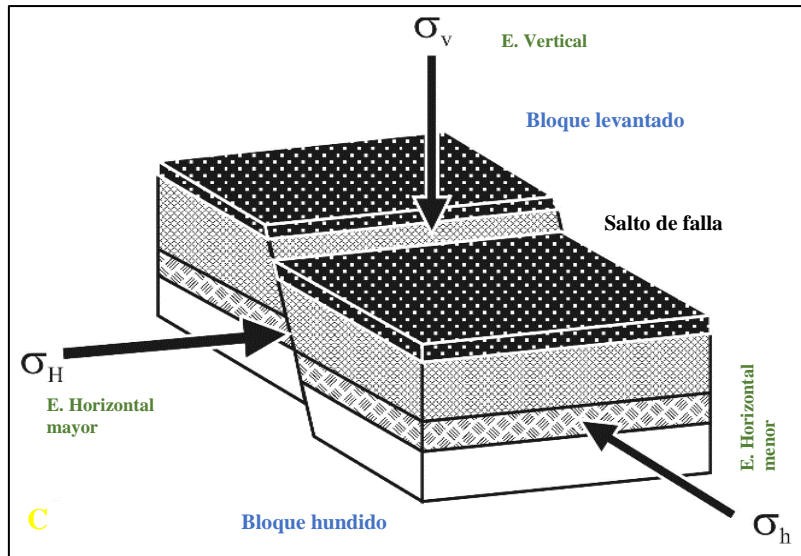
La falla continúa su recorrido natural hasta topa con la vía de primer orden ubicada en la formación Santo Domingo en la abscisa (15+730), específicamente en las coordenadas X: 689115, Y: 9539696 y Z: 1576m provocando un ligero agrietamiento en la calzada, esta falla está caracterizada por lutitas y limolitas con capas de yeso que se evidencian en la vía de primer orden, con dirección N45°W/12° NE.



Fotografía 16: Alteración en la vía a causa de una falla

Analizando las fotografías aéreas mediante fotointerpretación (Ver ANEXO 4) se pudo observar un cambio brusco en cuanto a la calzada en un tramo de la vía, en la ortofoto se logra visualizar una alteración seguido de un ligero hundimiento de terreno, lo cual es un indicio de una deformación estructural, para lo cual fue necesario visitar presencialmente el lugar y analizar los aspectos in situ.





Fotografía 17: Falla normal #2. A. (Plano de falla). B. (Vista de bloques levantados y hundidos). C. (Esfuerzos)

Fuente: Anderson (1905), adaptado por el autor

Una vez visitado el lugar se determinó la presencia de una falla normal debido a una evidente rotura en el terreno a causa de un movimiento local que se prolonga por varios metros a su alrededor, mostrando un panorama irregular en toda la zona alterando de manera moderada el ecosistema, la falla se encuentra en las coordenadas: X: 688634, Y: 9540762 y Z: 1630m. y muestra que el bloque elevado se separa del bloque hundido por 0.45m y la distancia lateral (salto de falla) entre los mismos es de 0.42m y una profundidad de 0.65m, posee una dirección de N50°W/28°NE y está caracterizado principalmente por lutitas, arcillas y limolitas pertenecientes a la formación Santo Domingo.

Al igual que el caso anterior, esta falla es de tipo normal debido a las características que confirma Anderson (1905), en donde afirma que el esfuerzo vertical (σ_v) es superior al esfuerzo horizontal mayor (σ_H) y éste a su vez supera al esfuerzo horizontal menor (σ_h), teniendo así la siguiente formula:

$$\sigma_v > \sigma_H > \sigma_h$$

La presente falla al tener un ángulo de buzamiento por debajo de los 60° se la cataloga como “falla normal de bajo ángulo”

La falla se prolonga en dirección NW-SE hasta provocar en la vía de primer orden un hundimiento entre las coordenadas X: 688753, Y: 9540564 y X: 688826, Y: 9540611, el territorio en cuestión posee una longitud aproximada de 88m de largo con dirección N40°W/16° NE, donde la inestabilidad del terreno es moderada.

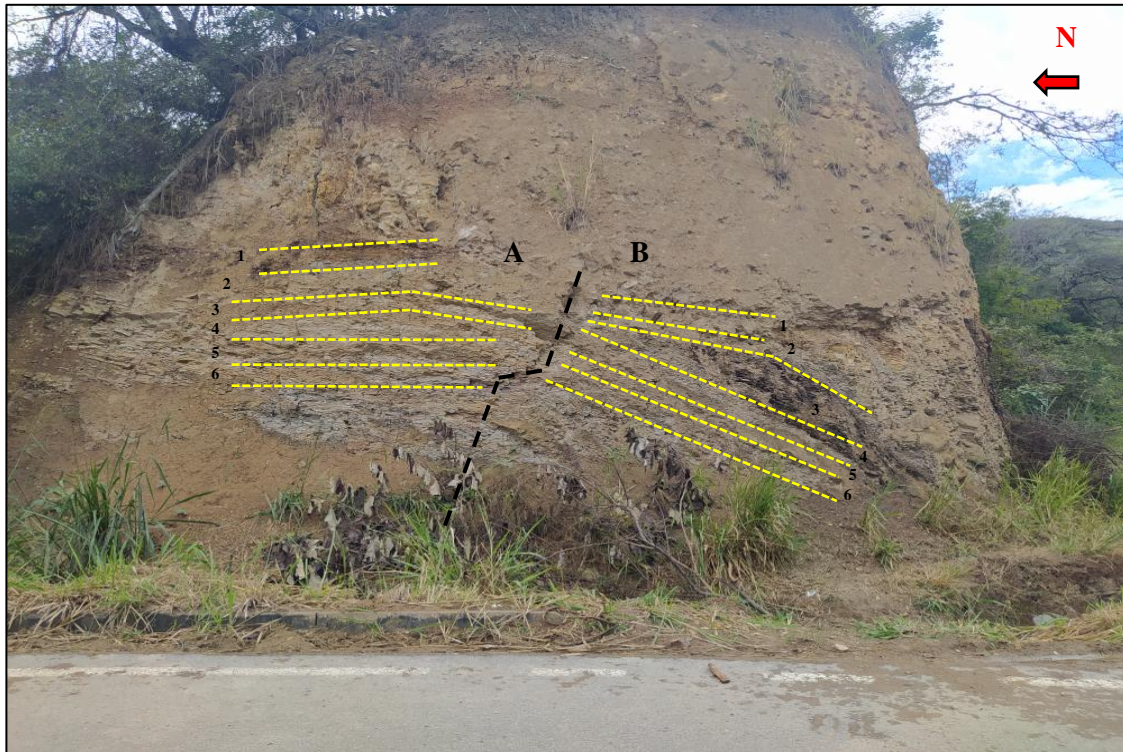
En la vía se puede apreciar un cambio significativo debido al desplazamiento del terreno a causa del hundimiento visto anteriormente en la orto-foto el cual dificulta el transporte de vehículos, además de que en temporada de lluvias este puede provocar lodos y empozamiento de aguas de escorrentía lo que significa un problema moderado en cuanto al acceso a los sectores posteriores, la diferencia altitudinal en el hundimiento es de 4m.



Fotografía 18: Hundimiento en la vía de primer orden

6.2.5.2. Pliegues

La primera de estas estructuras fué encontrada en las coordenadas X: 689259, Y: 9539826 y Z: 1576m mediante mapeo de estructuras de Echeveste (2018) se identificó como anticlinal en donde se pudo observar una intercalación de diferentes materiales a lo largo de toda la estructura que son interrumpidos a la mitad por una falla con desplazamiento.



Fotografía 19: Anticlinal.

Tabla 10: Datos del pliegue #1

Pliegue #1						
Flanco	X	Y	Z	Rumbo (°)	Buzamiento (°)	DB (°)
A	689259	9539826	1576m	S25°W	38	NW
B	689259	9539826	1576m	N65°E	54	SE

A continuación, se describe los materiales presentes en la estructura desde el más moderno al más antiguo.

Tabla 11: Potencias de los materiales del pliegue #1.

Potencias				
No.	Flanco A		Flanco B	
	Material	Dimensiones	Material	Dimensiones
1	Carbón	0.23m	Arcilla	0.15m
2	Lutita	0.20m	Lutita	0.25m
3	Arcilla	0.35m	Carbón	1.1m
4	Lutita	0.45m	Lutita	0.11m
5	Arcilla	0.12m	Arcilla	0.43m
6	Lutita	0.15m	Lutita	0.30m

El segundo pliegue fue encontrado en las coordenadas X: 689231 Y: 9539845 y Z: 1576m por medio del mapeo de estructuras de Echeveste (2018) fue identificado como un anticlinal tumbado debido a la ubicación de sus estratos, los cuales aquellos que están ubicados en la parte superior (A) presentan una inclinación con respecto a su plano axial natural, que son interrumpidos porque el flanco de estos se encuentra tumbado limitando así la continuación ordenada de sus estratos, por ende los estratos en el siguiente flanco (B) se ven alterados en cuanto a su orden natural.



Fotografía 20: Anticlinal tumbado

Tabla 12: Datos del pliegue #2

Pliegue #2						
Flanco	X	Y	Z	Rumbo (°)	Buzamiento (°)	DB (°)
A	689231	9539845	1576m	N45°W	35	NE
B	689231	9539845	1576m	S82°E	50	SW

A continuación, se describe los materiales presentes en la estructura desde el más moderno al más antiguo.

Tabla 13: Potencias de los materiales del pliegue #2

Potencias					
No.	Flanco A		Flanco B		
	Material	Dimensiones	Material	Dimensiones	
1	Lutita	0.03m	Lutita	0.15m	
2	Carbón	0.04m	Arenisca	0.04m	
3	Arenisca	0.08m	Lutita	0.20m	
4	Lutita	0.30m	Carbón	0.04m	
5	Arenisca	0.11m	Lutita	0.11m	

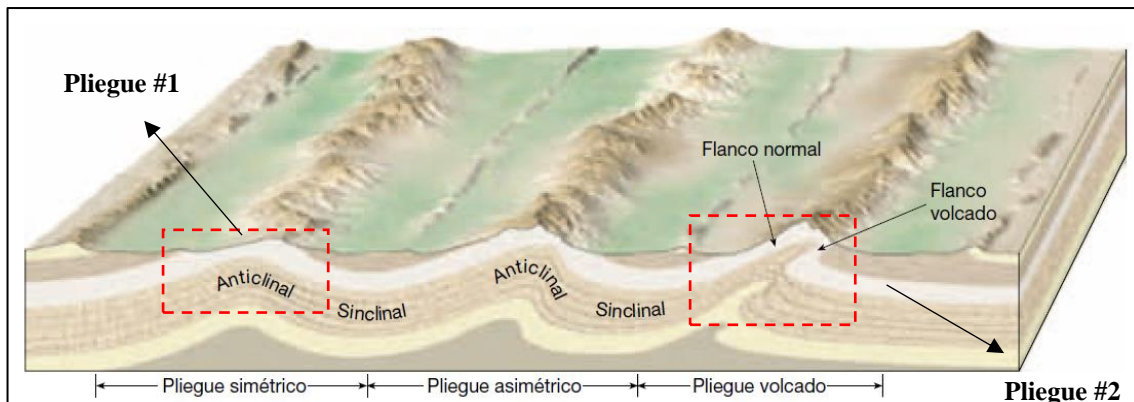
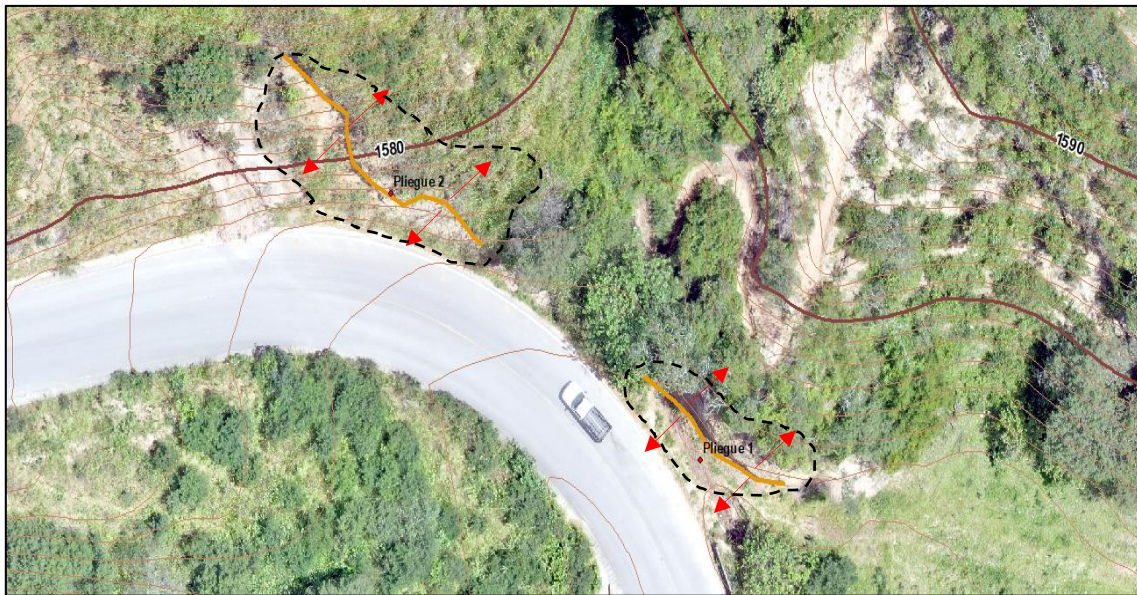


Figura 31: Pliegues presentes en el área de estudio
Fuente: Tarbuck (2005), adaptado por el autor.



Fotografía 21: Anticlinales avistados por fotointerpretación

Analizando las fotografías aéreas se puede apreciar dos anticlinales identificados a simple vista por su forma y por el cambio en la vegetación del sector, para un mayor análisis fue necesario visitar el sitio en cuestión y tomar los datos estructurales de los mismos.

Tabla 14: Clasificación de los pliegues presentes en la zona de estudio

Pliegues de la zona de estudio			
No.	Por su forma	Por su buzamiento	Material
1	Anticlinal	Simétrico	Lutitas, arcillas
2	Anticlinal	Tumbado	Areniscas, lutitas

Fuente: GeologiaWeb (2018), adaptado por el autor.

6.2.6. Afloramientos

Los afloramientos fueron la clave para tener una idea litológica más clara de todo el territorio de estudio, ya que con ellos se logra divisar de manera presencial los distintos materiales encontrados in situ y compararlos con la geología local, por ende, fue necesario aplicar la “caracterización de afloramientos” de Lopez (2019) y así se logró identificar 10 de ellos a lo largo del territorio de estudio.

A continuación, se muestra una tabla de todos los afloramientos encontrados:

Tabla 15: Afloramientos encontrados en la zona de estudio

Afloramientos de la zona de estudio				
No.	X	Y	Z	Roca Principal
1	689243	9540917	1577m	Lutita
2	688831	9540735	1574m	Lutita
3	688480	9540366	1586m	Tobas andesíticas
4	688651	9540350	1555m	Areniscas calcáreas
5	689274	9539980	1575m	Lutita
6	689218	9539855	1506m	Arenisca
7	688964	9539755	1521m	Caliza
8	688963	9539541	1568m	Lutitas y areniscas
9	688687	9539243	1546m	Lutita
10	688823	9539138	1545m	Lutita

De acuerdo a la información obtenida por los afloramientos avistados a lo largo del territorio de estudio, se tiene una idea litológica más clara de los materiales que componen la superficie, complementario a esto se elaboró columnas estratigráficas de cada afloramiento con la finalidad de darle un sentido visual más amplio al terreno estudiado, todo esto con ayuda del software SedLog 3.1

El complemento de esta información queda evidenciado en el **ANEXO 1**.

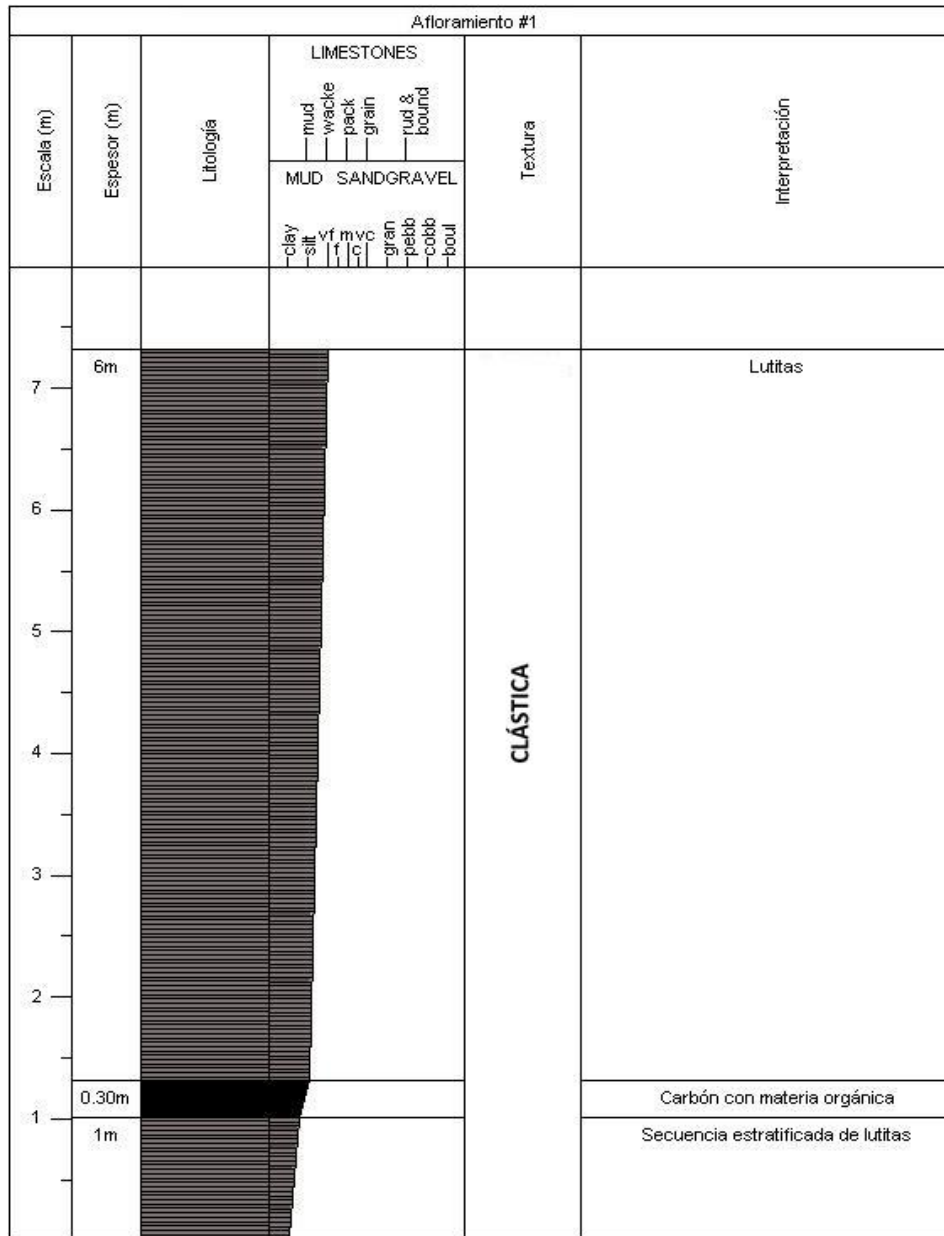


Figura 32: Columna estratigráfica del afloramiento #1

Se evidencia una secuencia estratificada de lutitas de colores variados claramente meteorizadas debido a la presencia de materiales sueltos al pie del talud, con escasa vegetación siendo los materiales más avistados los estratos de lutitas color marrón claro a gris manchado con óxidos de hierro bien compacto, posterior se encuentra un estrato de carbón no muy compacto con presencia de materia orgánica y finalmente un estrato de coloración amarillenta con olor a azufre.

Ver (ANEXO 1), afloramiento 1.

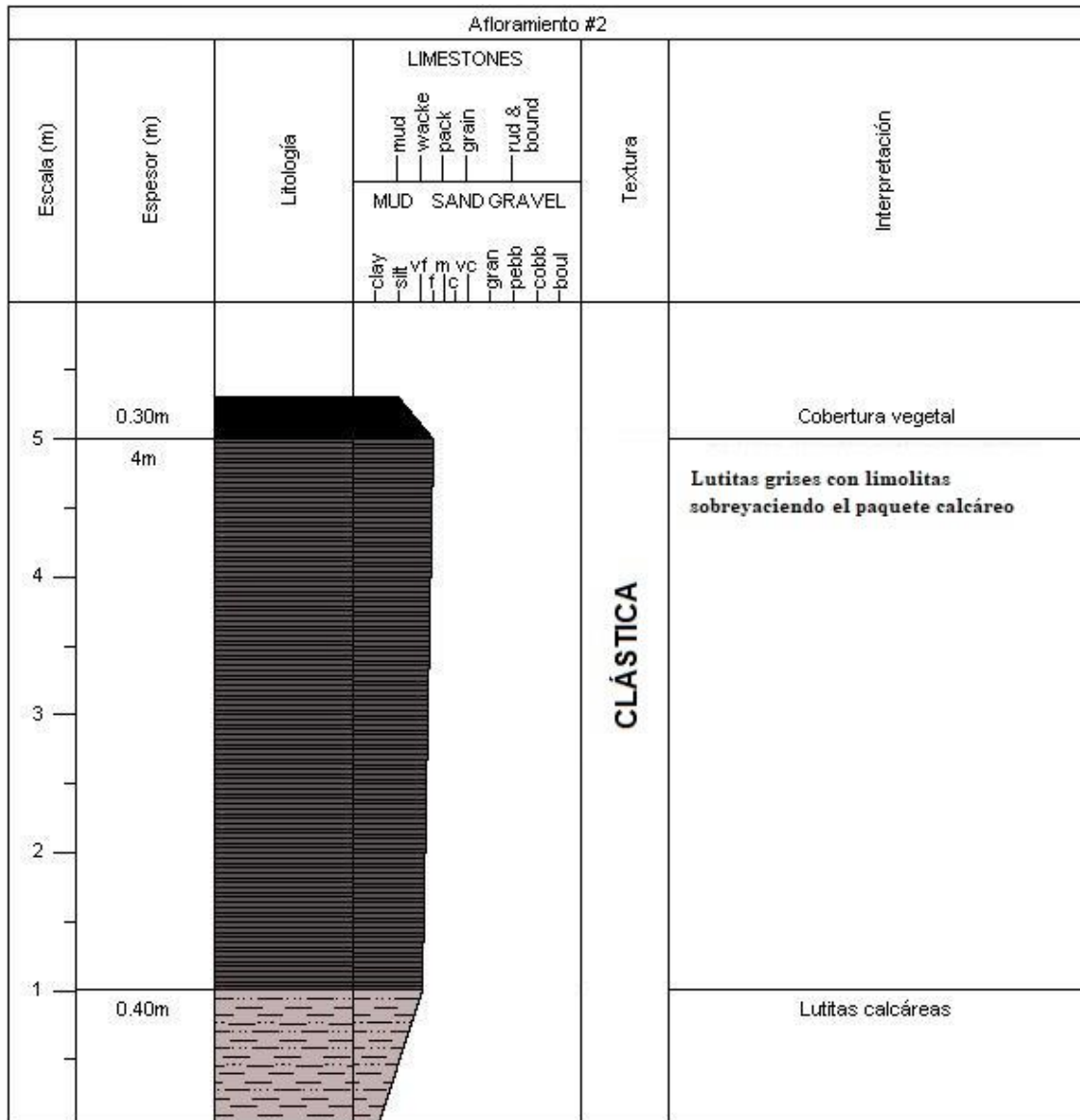


Figura 33: Columna estratigráfica del afloramiento #2

Es una secuencia de lutitas calcáreas en la base y posterior se aprecian limolitas con lutitas grises sobreyaciendo al paquete calcáreo, las lutitas son muy visibles además de estar bastante alteradas y meteorizadas.

Ver (ANEXO 1), afloramiento 2.

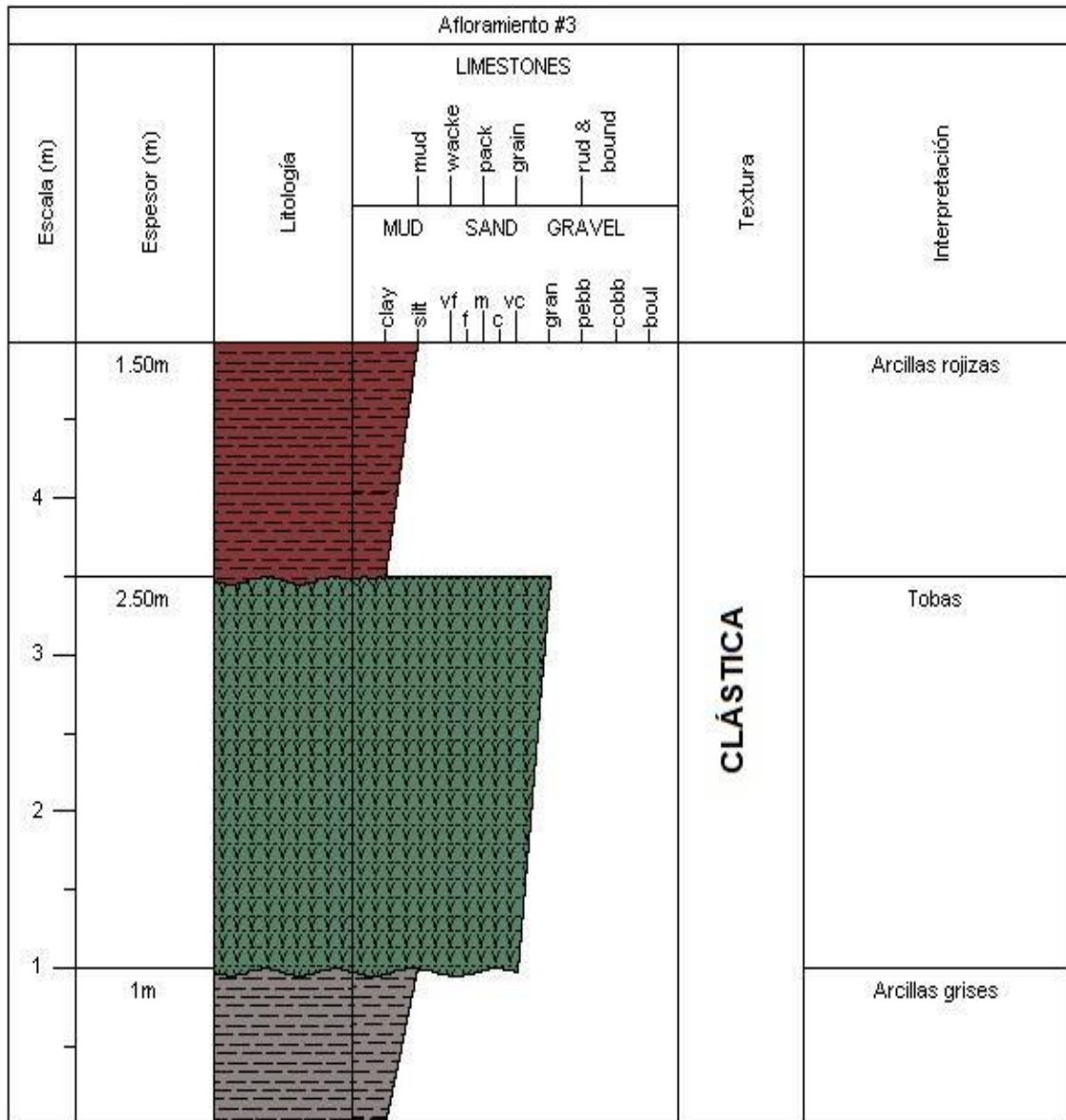


Figura 34: Columna estratigráfica del afloramiento #3

La litología apreciada en este sector se ubica a 100m de la parte baja colindante a una vía de segundo orden, donde se encuentran en su mayoría con tobas andesíticas acompañadas de arcillas de color gris y rojizo sin presencia de estratificación con compactación moderada, con dirección de (N40°E/45° SE) acompañados de vetillas de yeso abundante y altamente meteorizado.

Ver (ANEXO 1), afloramiento 3.

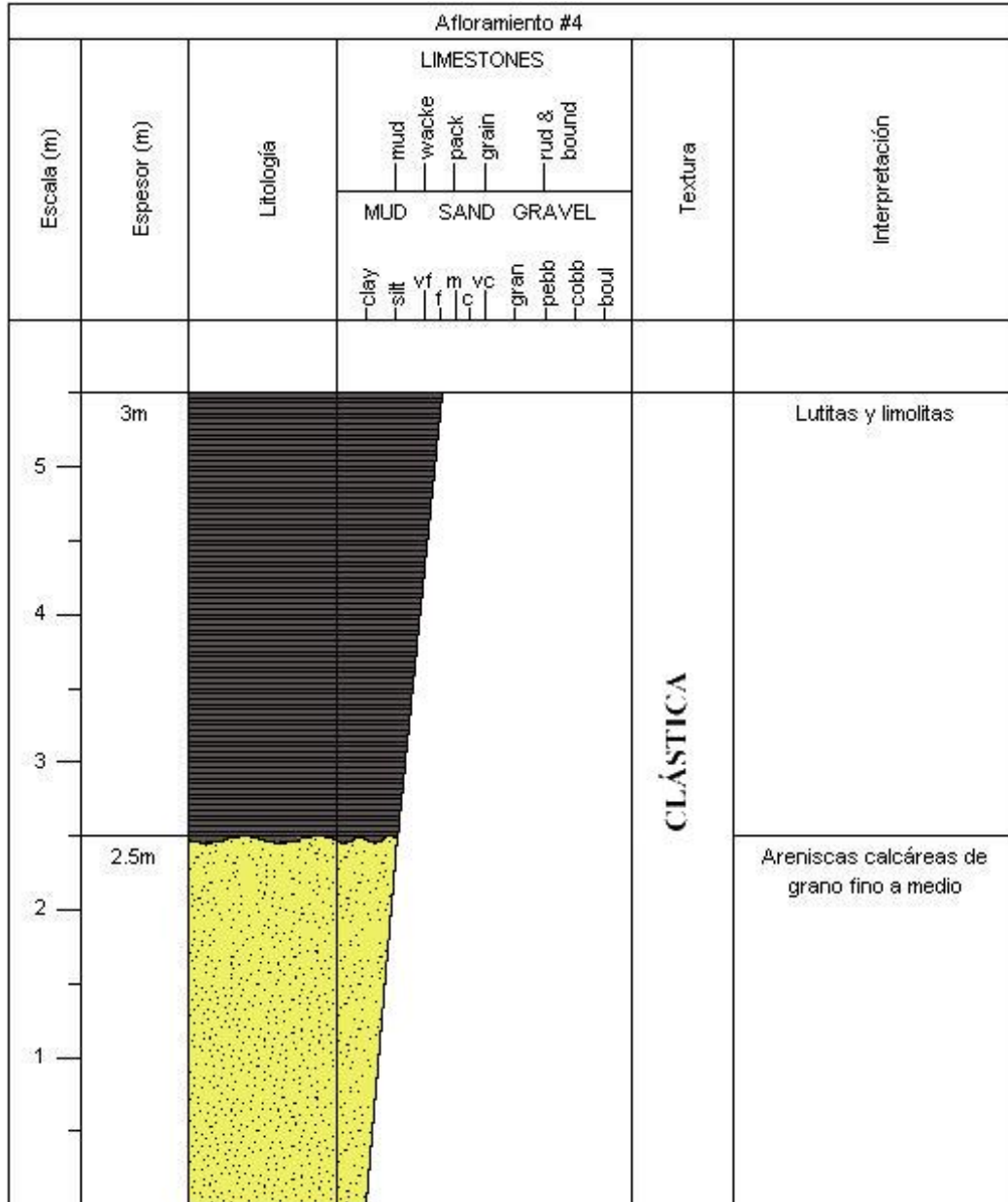


Figura 35: Columna estratigráfica del afloramiento #4

Es un afloramiento de tipo antropogénico, por lo que en la parte inferior se puede evidenciar areniscas calcáreas de grano fino a grano medio y clastos metamórficos con pequeñas vetillas de yeso a lo largo de su estructura, en la parte superior se observa lutitas y limolitas esparcidas en todo lo ancho, a su vez es apreciable el crecimiento de vegetación herbácea a lo largo de su superficie.

Ver (ANEXO 1), afloramiento 4.

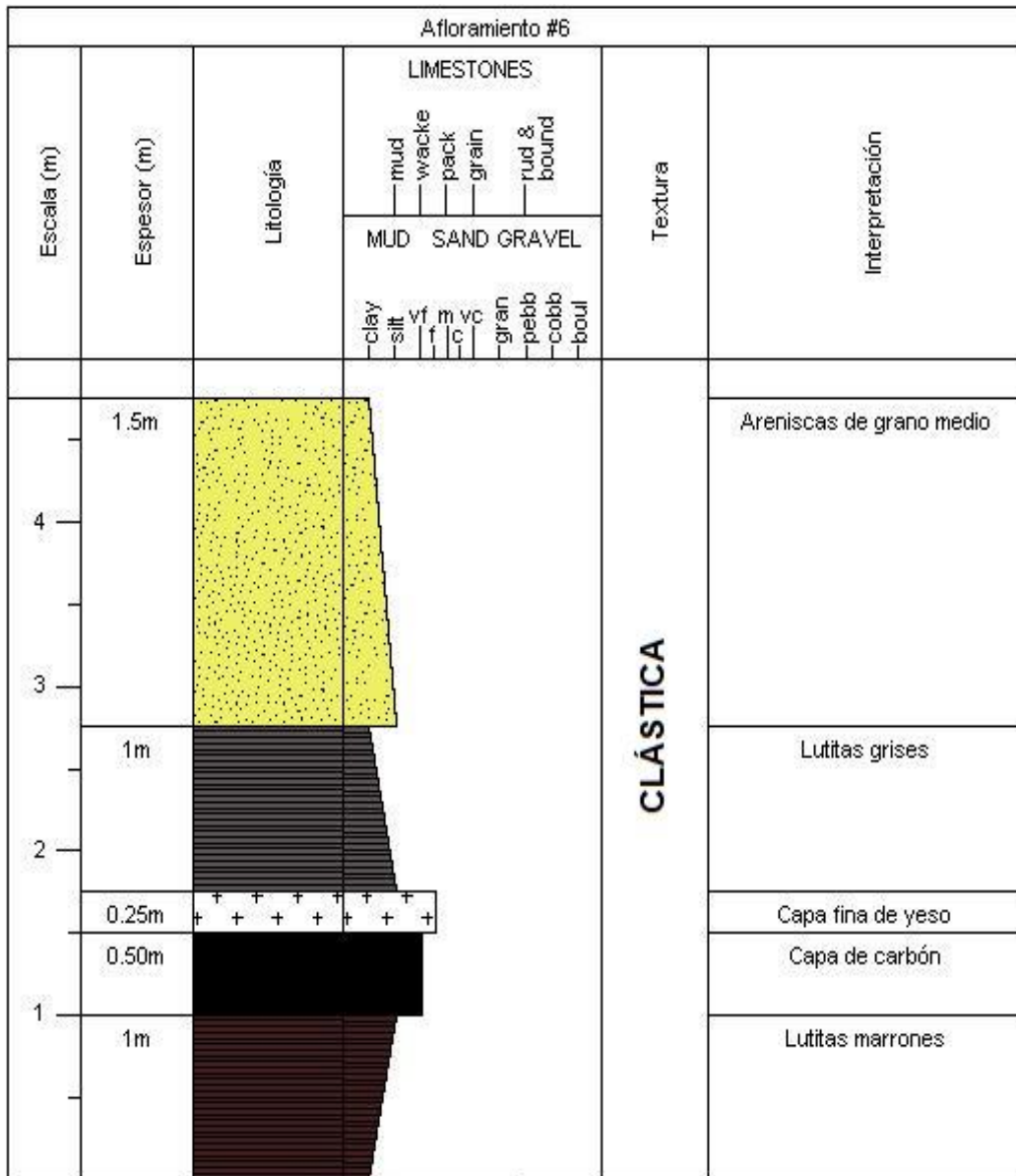


Figura 37: Columna estratigráfica del afloramiento #6

Es una secuencia de capas de lutitas que van de tonalidades marrón y gris, posterior se observa una capa de carbón con impregnaciones de yeso, sobre ésta se aprecia areniscas de grano medio a grueso.

Ver (ANEXO 1), afloramiento 6.

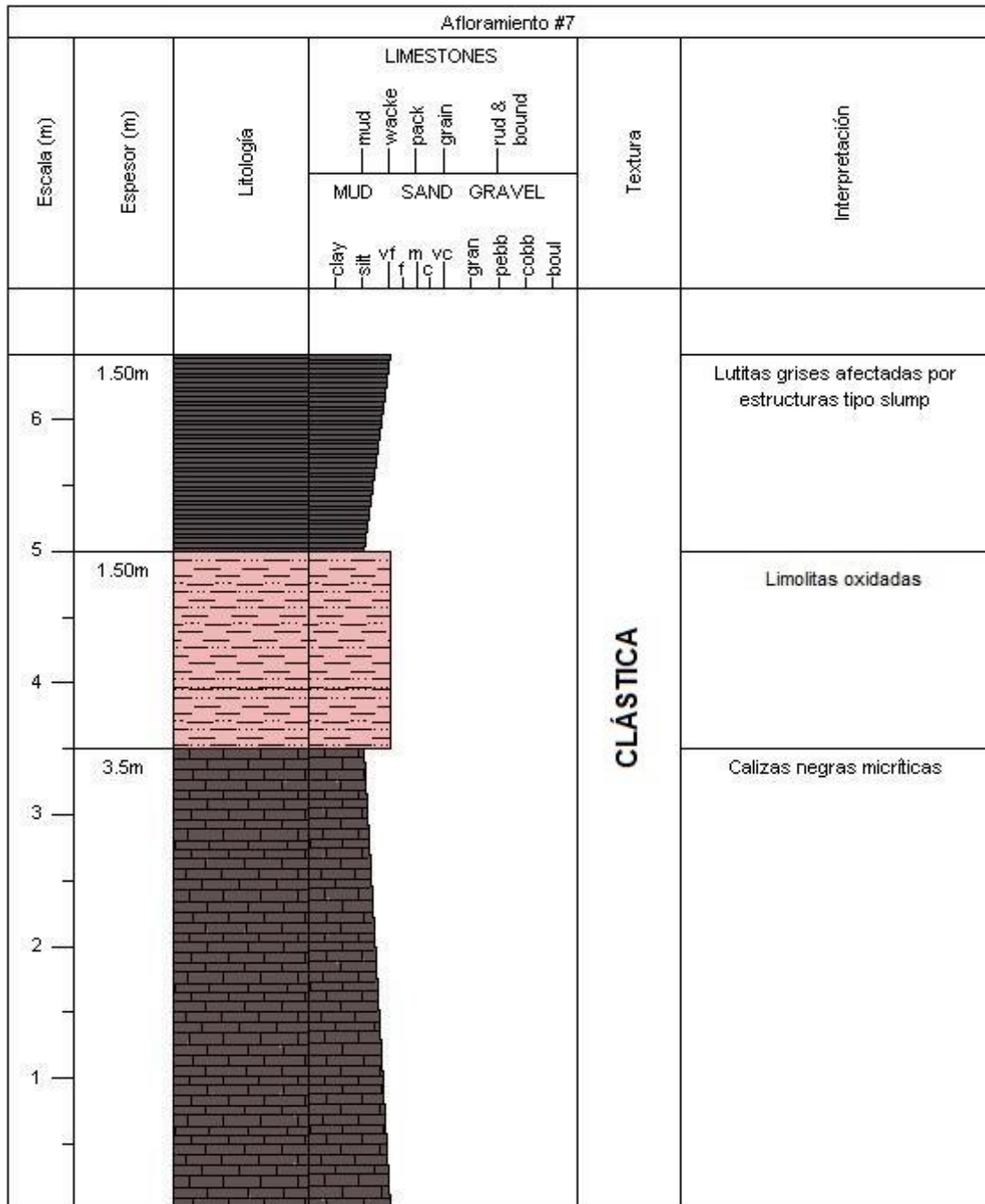


Figura 38: Columna estratigráfica del afloramiento #7

En la parte inferior se observa unas calizas negras micríticas en secuencia con limolitas oxidadas y que no presentan minerales calcáreos, posterior se aprecia una secuencia de lutitas negras y grises afectadas por estructuras de tipo slump, estas además presentan laminación paralela y toda la secuencia muestra un cambio en la facie de depositación.

Ver (ANEXO 1), afloramiento 7.

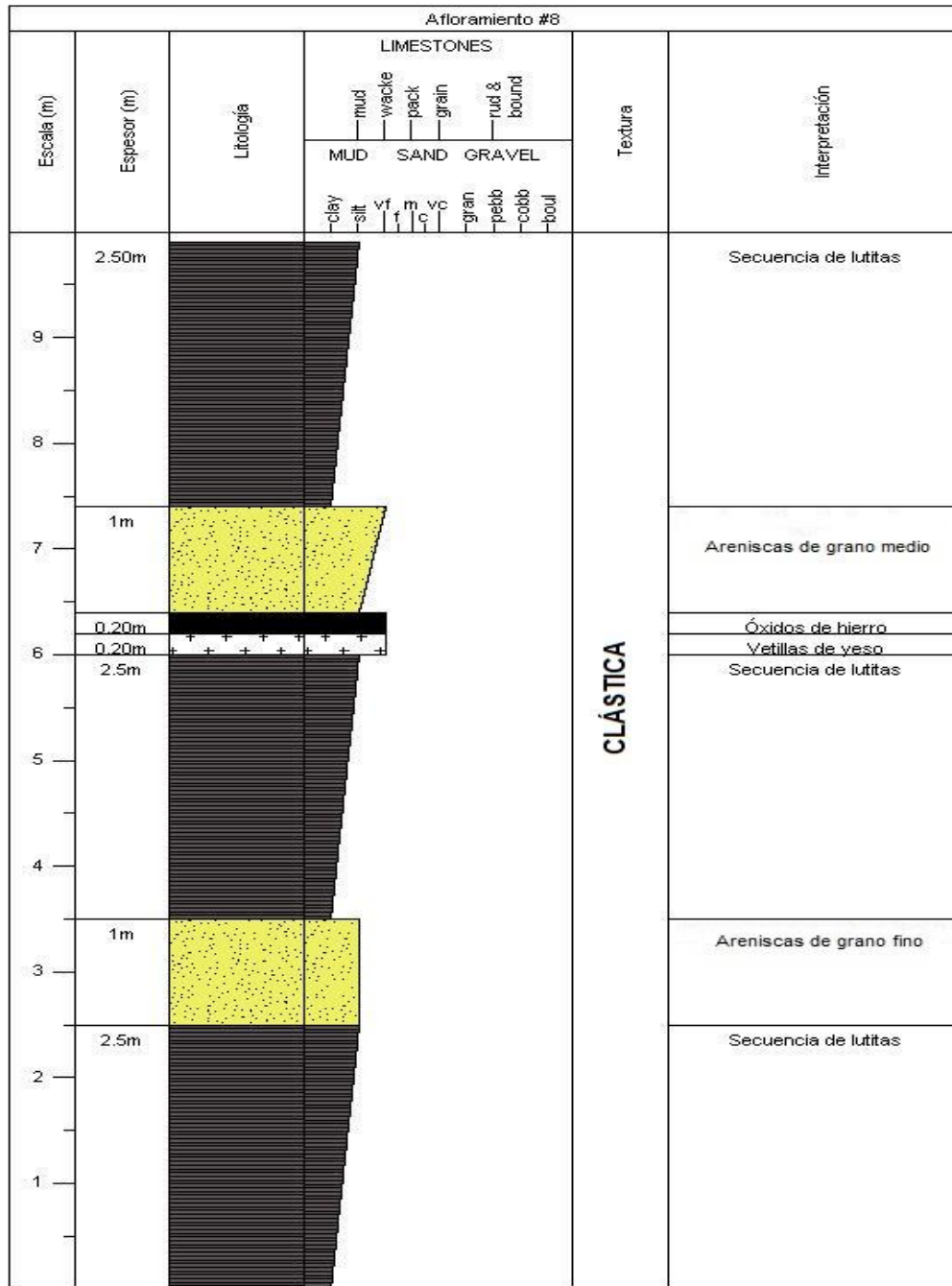


Figura 39: Columna estratigráfica del afloramiento #8

Se aprecia una secuencia de lutitas y estratos de areniscas, además presentan laminación paralela y algunas de grano más grueso, toda la secuencia se encuentra afectada por vetillas principalmente de yeso y óxidos de hierro.

Ver (ANEXO 1), afloramiento 8.

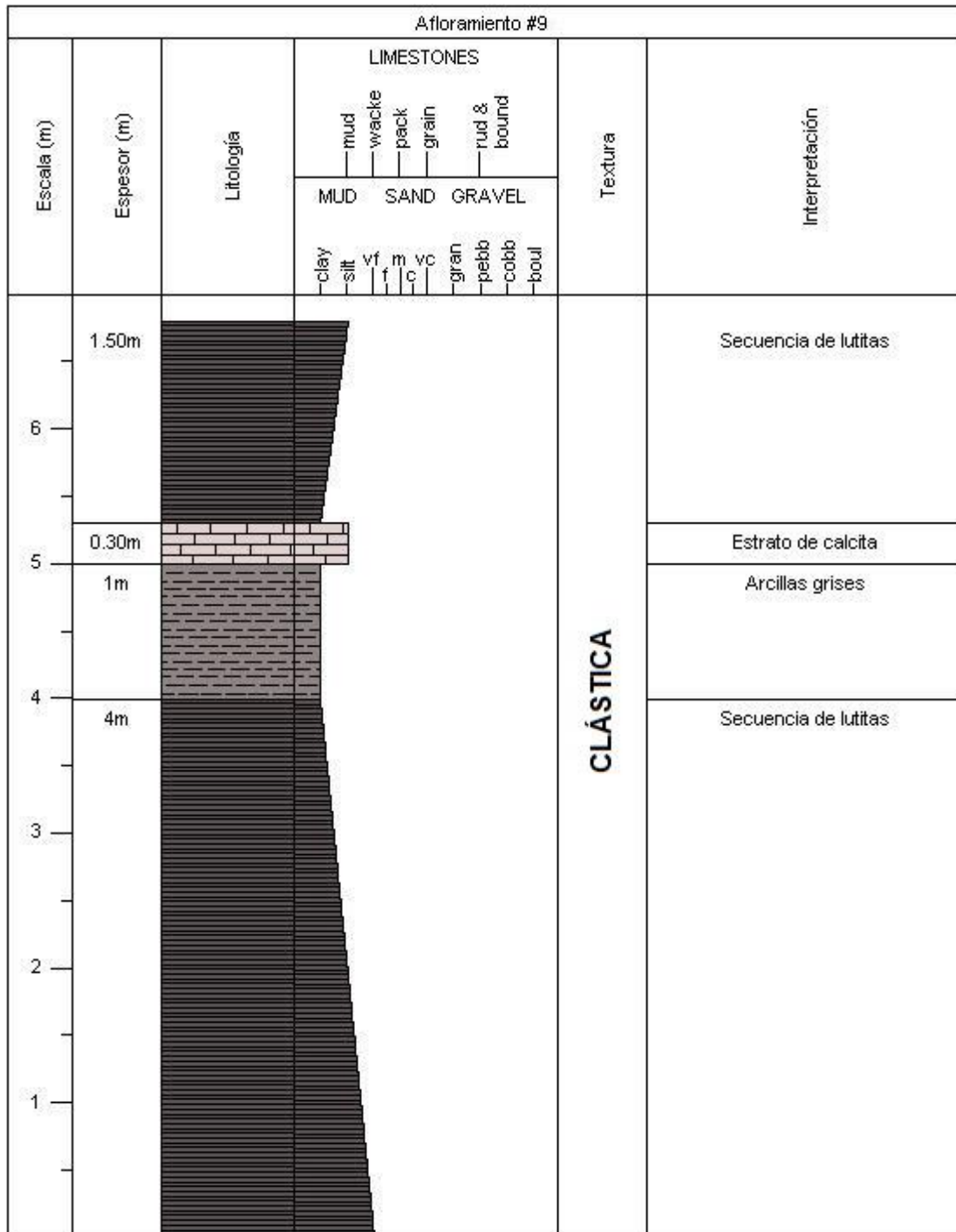


Figura 40: Columna estratigráfica del afloramiento #9

El presente afloramiento consiste en una secuencia deposicional de lutitas con arcillas con vetillas de óxidos de hierro a lo largo de toda su estructura, a su vez hay la presencia de ligeros estratos de calcita.

Ver (ANEXO 1), afloramiento 9.

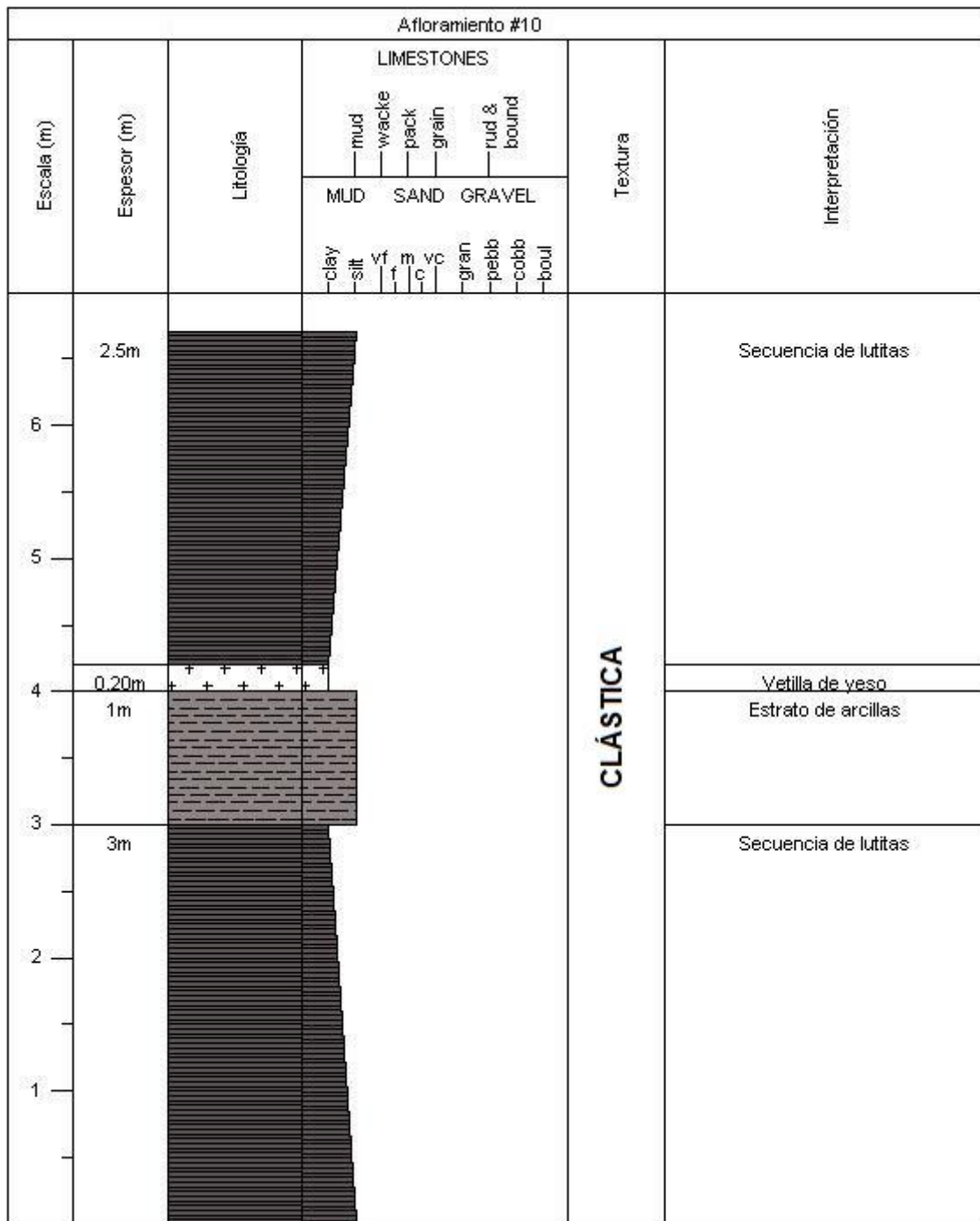


Figura 41: Columna estratigráfica del afloramiento #10

Este afloramiento representa una secuencia estratificada de lutitas, arcillas y secciones de yeso, a su vez presenta clastos triturados redondeados en la parte inferior debido a la meteorización del sitio, así como vegetación abundante en su parte superior.

Ver (ANEXO 1), afloramiento 10.

A continuación, se presenta el mapa de afloramientos presentes en el sitio de estudio:

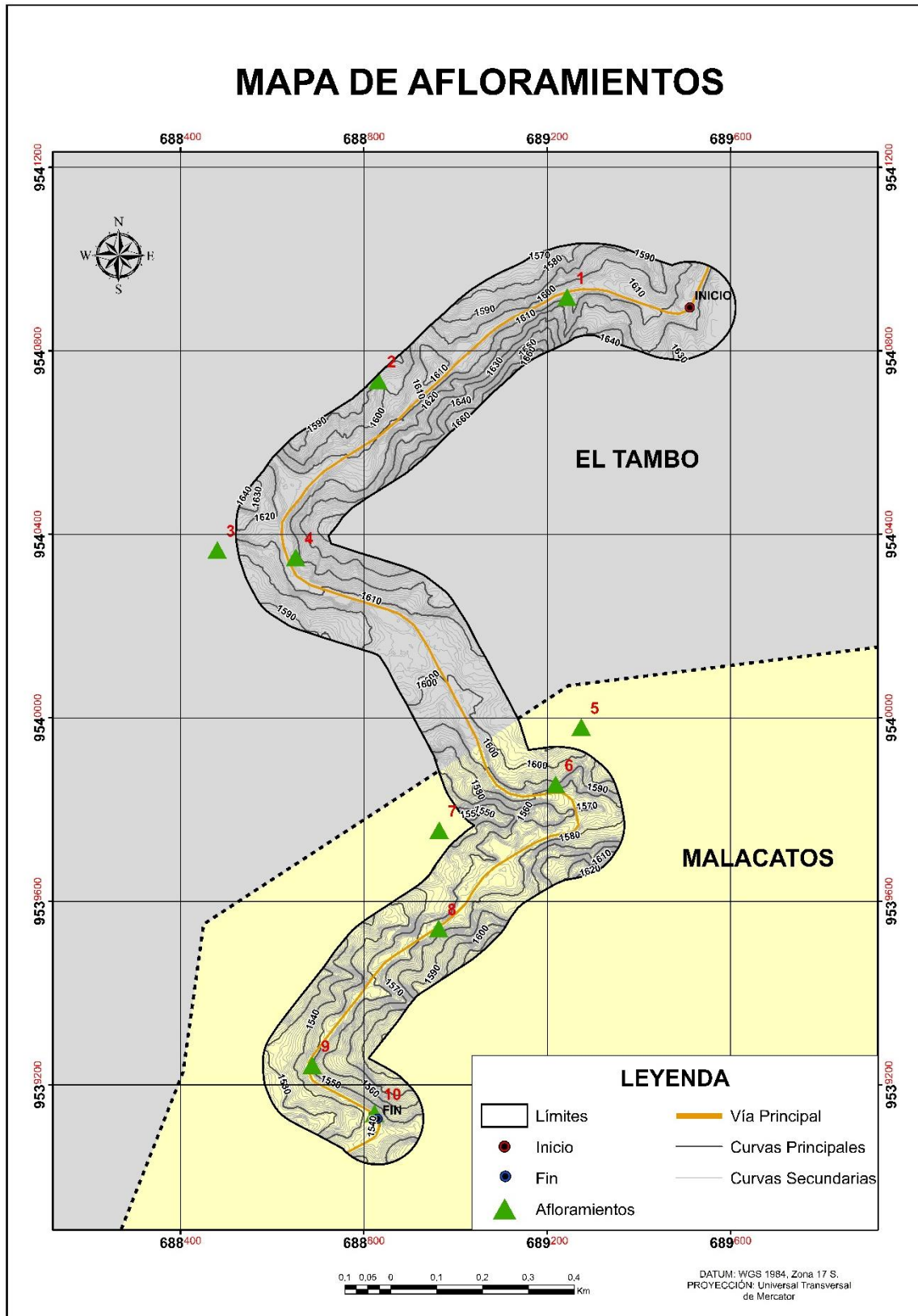


Figura 42: Mapa de afloramientos del proyecto

6.2.7. Estratigrafía

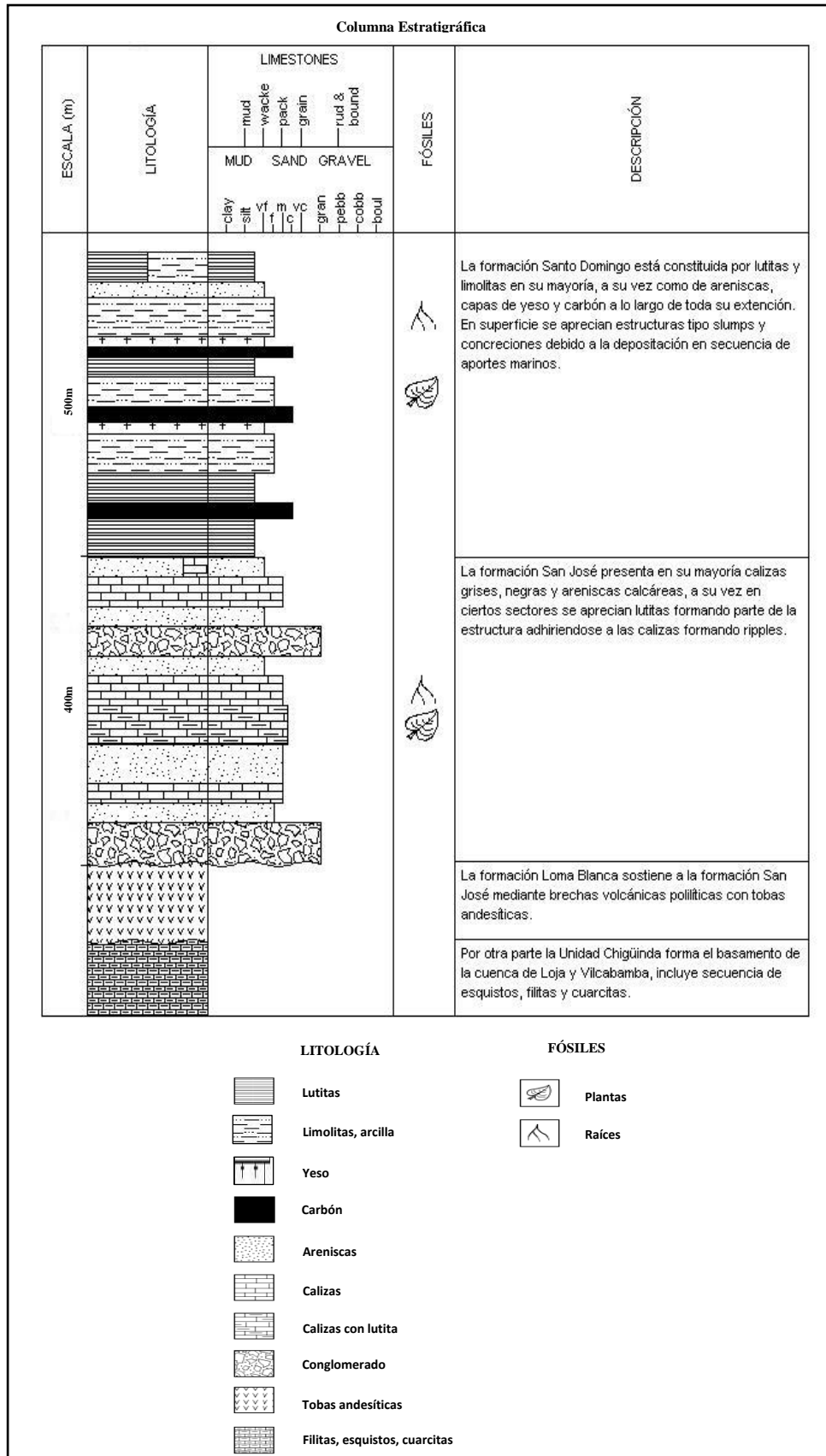
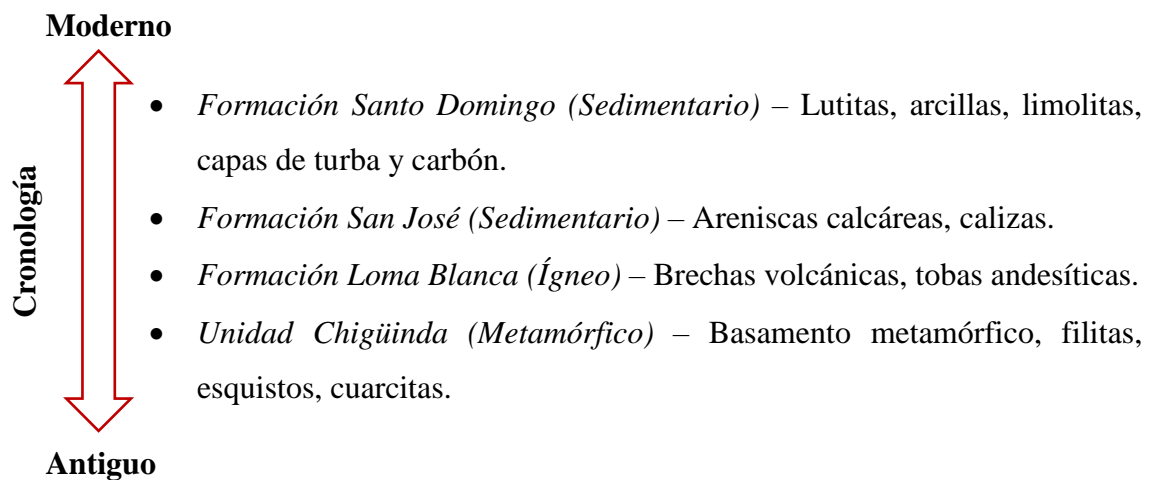


Figura 43: Columna estratigráfica del área de estudio

El área de investigación se encuentra acentuada en la Unidad Chigiüinda (Paleozoico, 541m.a.), la cual forma el basamento de toda la cuenca de Loja y Vilcabamba con rocas de tipo metamórfico en donde sobresalen las filitas, cuarcitas y esquistos, sobre ésta se apoya la formación Loma Blanca (Oligoceno, 34 m.a.) formada mediante un contacto discordante con brechas volcánicas especialmente tobas andesíticas de color gris con las que se intercalan localmente de flujos andesíticos, mediante un contacto discordante en la parte superior de ésta se encuentra la formación San José (Mioceno Superior, 23 m.a.) formada en su mayoría por areniscas calcáreas, calizas de distintas tonalidades y conglomerados que soportan el peso de todos los materiales desde su base, para luego formar un contacto concordante con la formación Santo Domingo (Mioceno Medio, 20 m.a.) en ella se asienta la vía en donde se encuentra el área de estudio, la cual está relacionada directamente con asociación de facies de niveles lutíticos y evaporíticos (Miembro Yesos) graduado lateralmente por lutitas, arcillas, limolitas, capas de turba y carbón, a su vez sobreyace concordante con la formación San Francisco.

A continuación, se muestra los materiales presentes del más moderno al más antiguo:



6.2.8. Inventario de deslizamientos

Deslizamiento #1



Fotografía 22: Deslizamiento #1, A (Vista frontal), B (Vista desde la corona)

El presente deslizamiento está ubicado en X: 689102, Y: 9539770 y Z: 1562m, fué previamente analizado por fotointerpretación (Ver **ANEXO 4**), para su posterior análisis en campo.

En la parte superior se aprecian cultivos junto con ganado vacuno (con un aproximado de 8 espécimen) que se alimentan de la vegetación herbácea que presenta la cima del deslizamiento, el terreno presenta arcillas en su mayoría, que por la dirección S20°E/70°SW de su estructura provoca que haya desprendimiento de la roca y detritos conforme haya una leve presión en su terreno.

Morfométricamente el deslizamiento presenta una diferencia de altura 28m desde la corona hasta la punta, con una longitud lineal de 55m de largo, un rumbo S20°E y una inclinación de 70° del talud, que según la clasificación de Demek (1972) pertenece a una pendiente abrupta, además contiene 15m de masa desplazada y la potencia desde la corona al primer escarpe es de 4m, además presenta una deformación de terreno de tipo ondulatorio de categoría leve.

Además, en la parte inferior del mismo se encuentra una corriente de agua perteneciente a la quebrada Naranjo Dulce, que en épocas lluviosas sube su cauce y ayuda aún más al desprendimiento del terreno en el pie del deslizamiento provocando inestabilidad en el mismo.

El presente deslizamiento está en estado latente y al estar a pocos metros de la ruta principal presenta una complicación para la misma, ya que al estar expuesto a factores desencadenantes como son los animales, vibración de vehículos transeúntes, agua de escorrentía (lluvia, quebrada), sembrío de cultivos y el uso de maquinaria agrícola, sin un estudio correspondiente de estabilidad de su talud, puede provocar un deslizamiento de terreno aun mayor, acarreando más volumen de material a su alrededor incluyendo la calzada, a su vez, al estar en las inmediaciones de un puente y de una quebrada en el pie de su estructura, puede alterar el cauce de la misma y posterior una interrupción en la vía de comunicación generando problemas al libre acceso a los barrios aledaños y los cantones inmediatos.

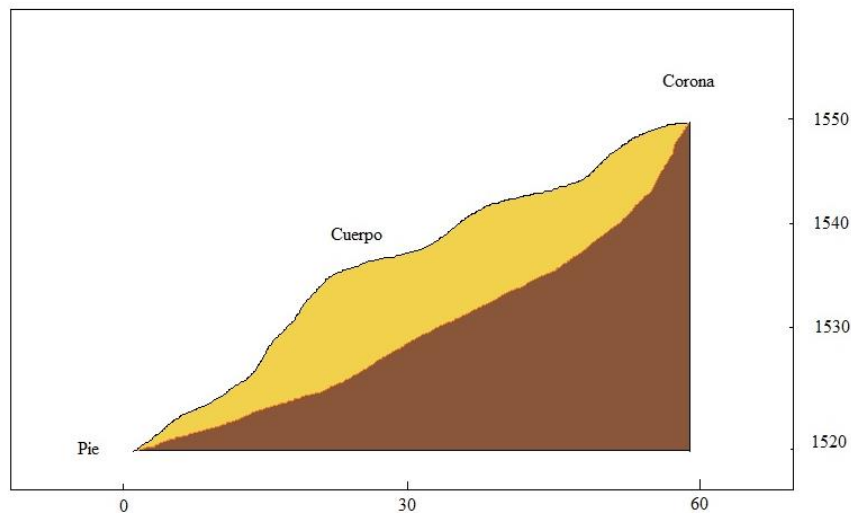


Figura 44: Corte perpendicular D1

El complemento de esta información se encuentra en el (ANEXO 2).

Deslizamiento #2



Fotografía 23: Deslizamiento #2, A (Vista frontal), B (Toma de datos)

El segundo deslizamiento se encuentra en las coordenadas X: 689212 Y: 9539739 y Z: 1579m, el cual tuvo un análisis previo por medio de fotointerpretación de las fotografías aéreas obtenidas (Ver **ANEXO 4**) para posterior comprobar in situ los datos vistos en gabinete.

Este deslizamiento de tierra se encuentra a un costado de la vía, por lo que al realizar un trayecto en vehículo por el sector éste presenta un problema para el libre transitar, debido a la composición de sus materiales presentes, los cuales en su mayoría son arcillas y lutitas, las cuales se deslizan debido a la inestabilidad del talud como consecuencia de las lluvias provocando resquebrajamiento en el terreno y a su vez que los materiales se suelten y se deslicen hacia la vía provocando obstrucciones.

El deslizamiento posee morfométricamente una diferencia de altura de 4m desde la corona a la punta, pero si se lo mide linealmente por el mismo recorrido éste posee una distancia de 13m, tiene un rumbo de S80°W y tiene una inclinación de 35°, que de acuerdo a Demek (1972) su pendiente corresponde a muy inclinado.

En la parte superior se puede apreciar vegetación arbustiva que poco a poco va deslizándose por el talud debido a la inestabilidad natural del terreno. La corona presenta un ancho de 3m con una masa desplazada de terreno de 7m, debido a su dirección S80°W/35° NW el deslizamiento presenta un 85% de material suelto y un 15% de

vegetación en su estructura aproximadamente, en su mayoría son matorrales y pastos que poco a poco se van inclinando y eventualmente se verán arrancados de raíz para posterior asentarse en la vía.

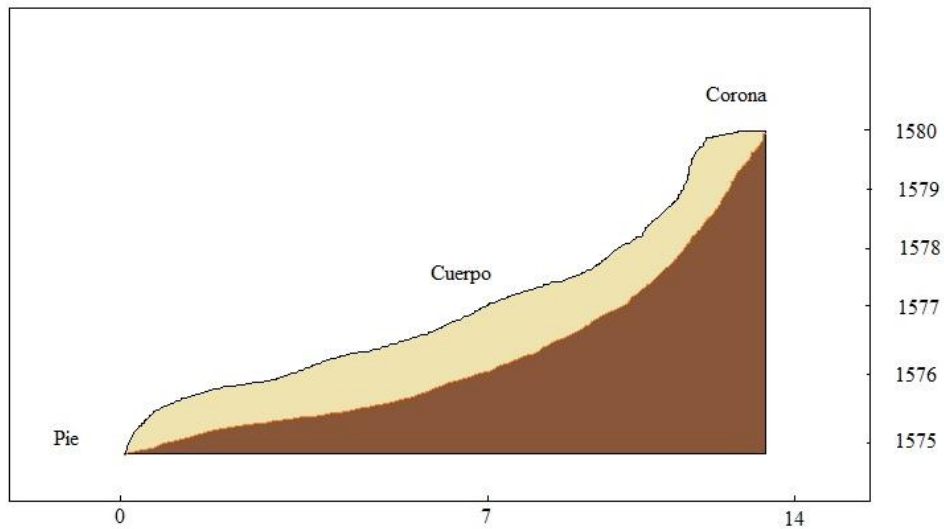


Figura 45: Corte perpendicular D2

El complemento de esta información se encuentra en el (ANEXO 3).



6.2.9. Correlación

Según (Brabb E.E. & Harold B.L., 1989) “los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daño en las propiedades por valor de decenas de billones de dólares cada año”; lo cual brinda un precedente acerca de cuán importante es identificar los aspectos principales de estos para evitar posibles accidentes. En la zona de estudio la geología brinda un panorama inestable, debido a la presencia de lutitas, areniscas, limolitas y arcillas en su mayoría; que son materiales sedimentarios poco consolidados, que, acompañados de factores externos condicionantes que aportan al desplazamiento de materiales en pendiente, tales como el tipo de material, inclinación del talud, grado de alteración del terreno y de factores desencadenantes, tales como erosión, lluvia, agua de escorrentía, vibraciones externas, cruce de personas y animales, etc., todos estos factores estimulan a que los deslizamientos de terreno sean más frecuentes y en dado caso, peligrosos para la vía y los habitantes del barrio La Merced.

En decir, en el sector de la Merced, en la zona colindante a la quebrada Naranjo Dulce existen factores favorables para el desplazamiento de material en pendiente, debido a la geología local, pendiente, aporte de factores condicionantes y desencadenantes, estímulo antropogénico, etc.

6.2.10. Geología Estructural

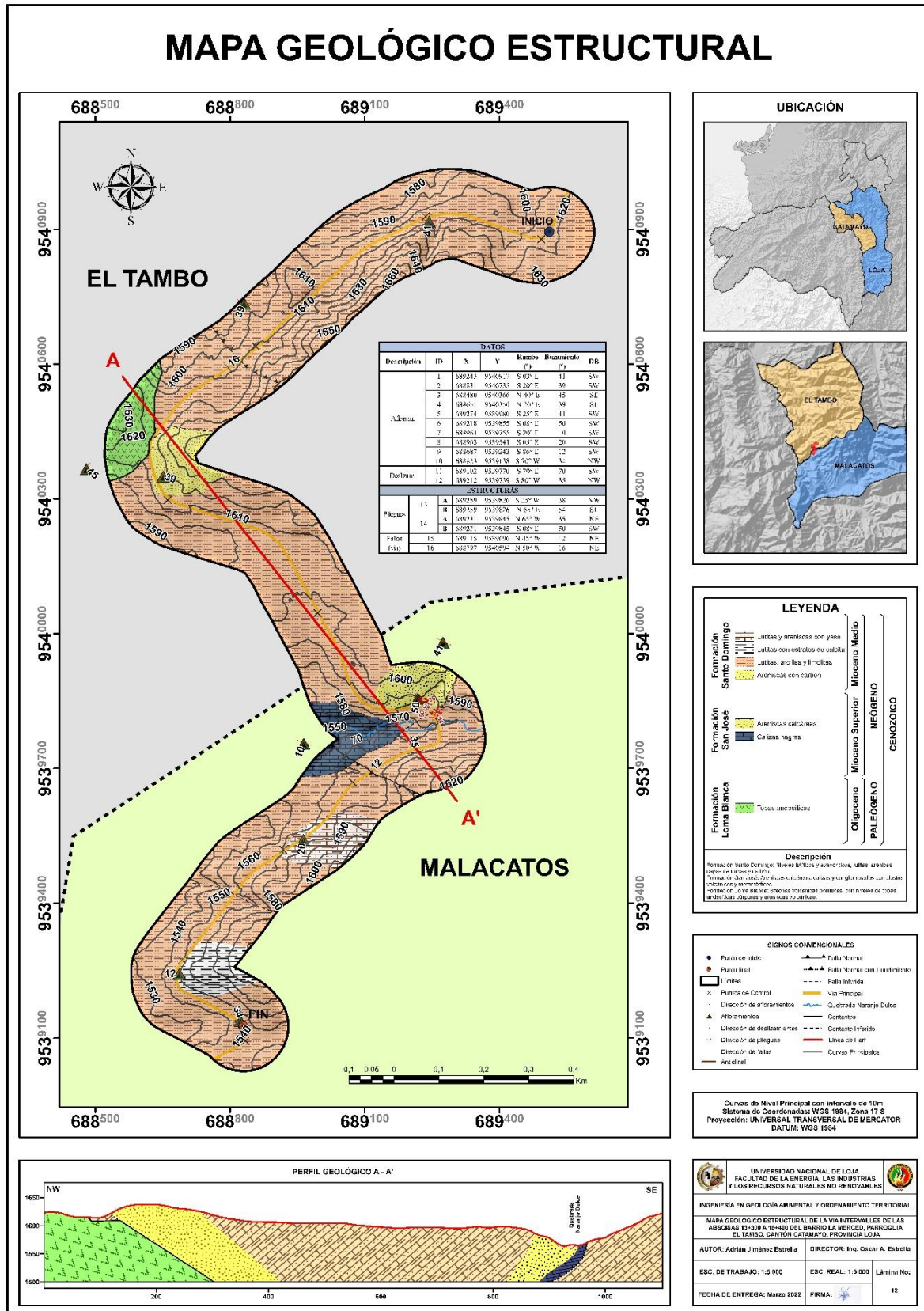
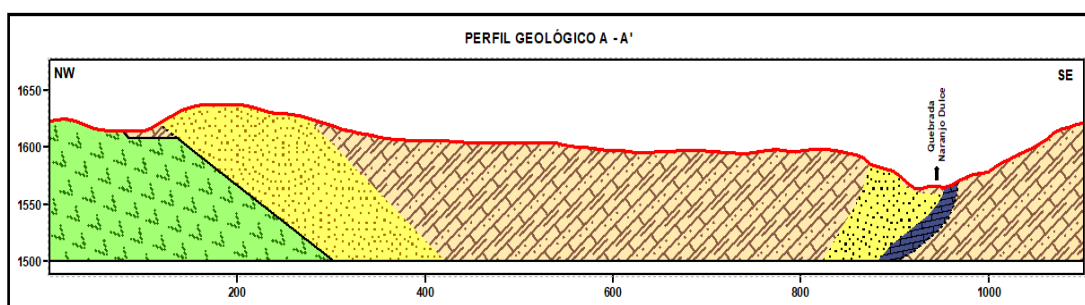


Figura 46: Mapa Geológico Estructural del proyecto

Descripción:

Luego de aplicar el mapeo de estructuras, la caracterización de afloramientos, descripción de deslizamientos, llenado de fichas y toma de datos se procedió a llevar todos estos valores al software ArcGIS 10.3 para su posterior etiquetado y decorado con el fin de evidenciar cada uno de los aspectos observados, identificados e inferidos para de esta manera confeccionar el mapa geológico estructural del sitio de estudio, una vez realizado el mapa se procedió a hacer un perfil geológico, que se explica a continuación:

Figura 47: Perfil geológico estructural A-A' del proyecto



El corte geológico A-A' se lo realizó de manera transversal diagonal con dirección NW-SE, debido a que este tramo de vía es el más significativo en cuanto a distancia, estructuras y unidades visibles a lo largo de todo el terreno. En la línea de corte se pueden apreciar cinco tipos de materiales diferentes, el primero de estos corta en el contacto de tobas andesíticas (N40°E/45°SE) ubicado a 78m pertenecientes a la formación Loma Blanca, luego existe una secuencia de lutas, arcillas y limolitas pertenecientes a la formación Santo Domingo que se encuentran con un contacto inferido ubicado a 116m, a partir de este contacto se aprecian areniscas calcáreas (N20°E/39°SE) que son parte de la formación San José que llegan a los 276m, a partir de este punto se observa una gran predominancia de lutas, arcilla y limolitas (S65°E/41°SW) debido a que estos materiales son los más avistados a lo largo de todo el territorio hasta cortar a los 872m con areniscas con carbón (S85°E/20°SW), que éstas terminan su recorrido a los 908m; posterior se observa una capa de lutas, arcillas y limolitas nuevamente hasta que se encuentran a los 952m con una capa de calizas negras (S70°E/10°SW), las cuales culminan su recorrido hasta topar con un contacto inferido a los 970m, a partir de este punto continúa la predominancia de las lutas, arcillas y limolitas hasta llegar al final de la línea de corte, ubicada a los 1130m.

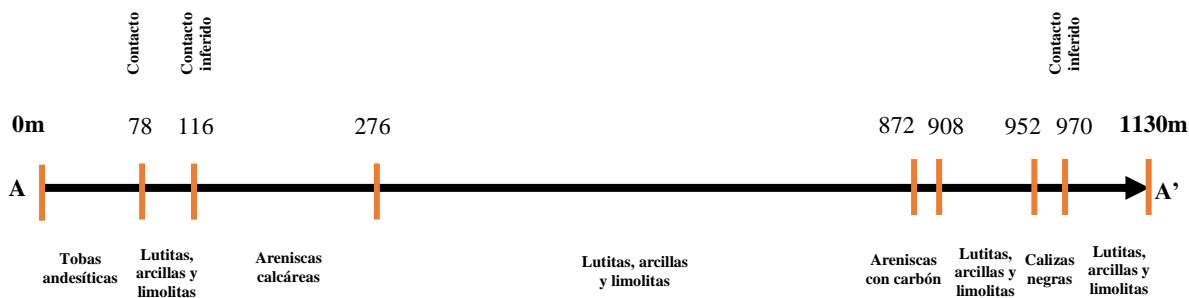


Figura 48: Materiales avistados en el corte geológico estructural A-A'

Tabla 16: Distancias de los materiales avistados en el corte geológico estructural A-A'

Distancias de los materiales avistados en el corte geológico estructural A-A'			
No.	Material	Recorrido total (m)	(%)
1	Lutitas, arcillas y limolitas	838	74.16
2	Areniscas calcáreas	160	14.16
3	Tobas andesíticas	78	6.90
4	Areniscas con carbón	36	3.19
5	Calizas negras	18	1.59
TOTAL		1130m	100%

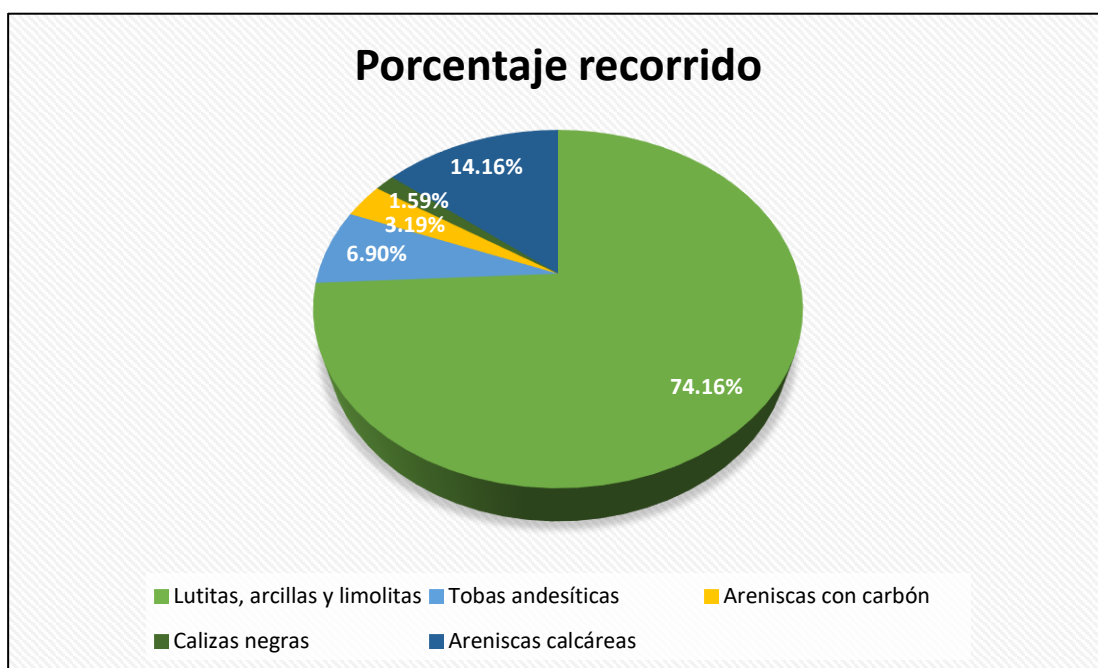


Figura 49: Diagrama porcentual de la distancia recorrida de los materiales en el corte geológico estructural A-A'

A continuación, se presenta un resumen de los datos generales obtenidos en la presente investigación:

Tabla 17: Datos obtenidos de la zona de estudio

DATOS							
Descripción	ID	X	Y	Rumbo (°)	Buzamiento (°)	DB	
Afloram.	1	689243	9540917	S 03° E	41	SW	
	2	688831	9540735	S 20° E	39	SW	
	3	688480	9540366	N 40° E	45	SE	
	4	688651	9540350	N 20° E	39	SE	
	5	689274	9539980	S 25° E	41	SW	
	6	689218	9539855	S 08° E	50	SW	
	7	688964	9539755	S 20° E	10	SW	
	8	688963	9539541	S 05° E	20	SW	
	9	688687	9539243	S 86° E	12	SW	
	10	688823	9539138	S 70° W	34	NW	
Deslizam.	11	689102	9539770	S 70° E	70	SW	
	12	689212	9539739	S 80° W	35	NW	
ESTRUCTURAS							
Pliegues	13	A	689259	9539826	S 25° W	38	NW
		B	689259	9539826	N 65° E	54	SE
	14	A	689231	9539845	N 65° W	35	NE
		B	689231	9539845	S 08° E	50	SW
Fallas en la vía	15	689115	9539696	N 45° W	12	NE	
	16	688797	9540594	N 50° W	16	NE	



7. DISCUSIÓN

La zona de estudio abarca una extensión de 64.1 ha de terreno, posee una topografía irregular, con alturas que oscilan entre los 1530 y 1660 m.s.n.m. en donde se aprecia montañas de prominente altitud y desniveles como en la quebrada Naranjo Dulce, la geoforma más avistada a lo largo del terreno es el relieve colinado bajo.

El área de estudio se encuentra asentada en su mayoría en la formación Santo Domingo, que principalmente está representada con lutitas, limolitas, arcillas y carbón, que de acuerdo a la investigación se confirma que estos materiales se hallan a lo largo de todo el sector, tal como especifica Hungerbuhler (2002) y Litherland y otros (1994), aclarando que también existe evidencias de materiales como areniscas calcáreas y calizas, los cuales son elementos pertenecientes a la formación San José que fueron especificados por Hungerbuhler (2002) y Kennerley (1973); por último, de acuerdo con la geología regional existen depósitos volcánicos, lo cual en el afloramiento tres se confirma un contacto discordante de tobas andesíticas pertenecientes a la formación Loma Blanca con arcillas de la formación Santo Domingo según Kennerley (1973), Hungerbuhler (2002) y el INIGEMM (2017). Con todos estos datos obtenidos, se tiene que la zona de estudio se encuentra en tres formaciones litológicas diferentes, que son formación Santo Domingo (lutitas, arcillas, carbón), formación San José (areniscas calcáreas y calizas) y formación Loma Blanca (brechas volcánicas con niveles de tobas andesíticas).

A lo largo del territorio se ubicó dos fallas en la cercanía de la vía principal, la primera de ellas se encuentra a 200m al noroeste de la quebrada Naranjo Dulce, que atraviesa el territorio local en dirección NW-SE entrando en contacto con la vía principal causando ligeros resquebrajamientos en su estructura y continúa su recorrido hacia las elevaciones colindantes; la segunda falla se encuentra al noroeste de la vía de primer orden a los 800m del punto de inicio, tiene una dirección NW-SE y atraviesa de forma lateral la vía dando como resultado un hundimiento en 88m de la vía Intervalles, siguiendo su trayectoria hacia el sector Sotohuayco.

Se encontraron dos pliegues a lo largo del territorio, separados uno del otro por menos de 50m, el primero fue catalogado como un anticlinal con la presencia de una microfalla en la mitad de su estructura, alterando la distribución ordenada de sus estratos; el segundo pliegue se encuentra al noroeste del anterior y fue catalogado como un anticlinal inclinado



debido a que uno de sus flancos presenta una inclinación notoria con respecto a su plano axial natural alterando de manera local el orden de los estratos del siguiente flanco.

En base a las unidades geológicas y estructuras geológicas encontradas a lo largo del territorio de estudio, junto con los deslizamientos avistados en primera instancia por fotointerpretación y luego comprobados in situ se pudo hacer constancia de que la principal causa para que los deslizamientos sean un problema para el sector La Merced y los alrededores es que éstos se hallan merodeando la vía principal, a su vez que se encuentran acentuados en la formación Santo Domingo, cuya composición litológica data de lutitas, arcillas y limolitas en su mayoría, materiales que al encontrarse en pendiente y no estar consolidados tienden a deslizarse y depositarse en el pie del deslizamiento, que, en el caso del deslizamiento 2 los materiales caen directamente en la vía principal obstruyendo el paso vehicular, sumándole a esto la presencia de una falla normal en las inmediaciones del sitio que causa inestabilidad en el terreno. En el caso del deslizamiento 1, cuyo pie reposa en el cauce de la quebrada Naranjo Dulce en época de lluvia se torna peligroso debido al arrastre de material depositado en su superficie y al aumento del cauce. Por lo tanto, el hecho de que existan este tipo de movimientos en este sector de la zona de estudio no es casualidad, ya que ésta reúne factores condicionantes que aportan al desplazamiento de materiales en pendiente, tales como el tipo de material, inclinación del talud, grado de alteración del terreno y de factores desencadenantes, tales como erosión, lluvia, agua de escorrentía, vibraciones externas, cruce de personas y animales, etc., todos estos factores estimulan a que los deslizamientos de terreno sean más frecuentes y en dado caso, peligrosos para la vía y los habitantes del barrio La Merced.

El mapa geológico estructural muestra un condensado de todos los aspectos observados, analizados y comprobados en campo, con el propósito de abarcar toda la información analizada en un solo medio para tener una idea litológica, estructural, geológica y topográfica acorde a la realidad del barrio La Merced.

8. CONCLUSIONES

A partir de la presente investigación **“Levantamiento geológico estructural de la vía Intervalles de la abscisa 13+300 a 16+400 del barrio La Merced, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja”** se tiene las siguientes conclusiones:

- ✓ Mediante la fotogrametría con uso de dron se logró tener imágenes satelitales de todo el territorio de estudio, sentando un precedente para un levantamiento topográfico acorde, una identificación visual de los materiales presentes y como medio de fotointerpretación para estructuras y deslizamientos, datos esenciales para un correcto mapeo geológico estructural.
- ✓ La geología presente fue identificada mediante el mapeo de estructuras y está basada en tres formaciones, la formación Santo Domingo, que consiste en lutitas, areniscas, capas de turba y carbón, la formación San José que presenta areniscas calcáreas junto con calizas y por último la formación Loma Blanca que comprende las tobas andesíticas.
- ✓ Mediante la caracterización de afloramientos como eje principal de identificación de unidades litológicas, se identificaron diez afloramientos en el sitio de estudio, que para tener mayor información acerca de su litología fue necesario complementar con columnas estratigráficas de cada afloramiento para así indicar de manera más clara los materiales presentes a lo largo de toda la zona, teniendo constancia de que las lutitas y limolitas son los materiales que más afloran a lo largo de toda la superficie, seguidas de las arcillas, areniscas, areniscas calcáreas, calizas negras y por último las tobas andesíticas.
- ✓ Se pudo apreciar once diferentes unidades litológicas en el sector, estas son: calizas negras, vetillas de carbón, vetillas de yeso, tobas andesíticas, estratos de calcita, areniscas calcáreas, arcillas rojizas, areniscas, arcillas grises, lutitas y limolitas, siendo estas últimas cuatro las más comunes a lo largo de la superficie de estudio.
- ✓ Se logró identificar dos tipos de estructuras a lo largo del territorio estudiado, que son fallas y pliegues. La primera de las fallas es de tipo normal con dirección NW-SE, la segunda es de tipo normal provocando un hundimiento en la vía de primer orden, tiene una longitud de 88m de largo y una dirección NW-SE. El primero de los pliegues es un anticlinal en donde sus estratos se ven alterados debido a un

desplazamiento en su estructura, el segundo plegamiento es un anticlinal tumbado ya que sus estratos son interrumpidos debido a que el flanco se encuentra tumbado limitando así la continuación ordenada de los materiales.

- ✓ Partiendo previamente de la fotointerpretación de las imágenes satelitales obtenidas por la fotogrametría se logró avistar dos deslizamientos a lo largo de la zona de estudio, que a posterior fueron confirmados in situ. El D1 se ubica en la formación San José, fue catalogado de estado latente, estilo compuesto distribución ensanchada, en la parte inferior del mismo corre el cauce de la quebrada Naranja Dulce. El D2 se encuentra en la formación Santo Domingo, se lo clasificó de estado reactivado con estilo sucesivo de distribución ensanchada, éste se encuentra a un costado de la vía por lo que genera un problema cuando los detritos del mismo caen generando bloqueos en la vía, especialmente en época de lluvias.
- ✓ En el mapa geológico estructural se mostró una representación cartografiada de todos los datos obtenidos en campo (estructuras, unidades, afloramientos, deslizamientos) para luego ser llevados al software ArcGIS 10.3, en él se observa las direcciones e inclinaciones de todo lo analizado in situ, datos que son representados mediante tramados y colores establecidos de acuerdo a su litología, edad y leyenda, complementando la información con una descripción, datum, signos convencionales y la ubicación del sitio de estudio.
- ✓ Una vez realizado el mapa geológico estructural se procedió a la confección del perfil geológico A-A' cuya dirección es NW-SE, este tramo fue escogido debido a la basta variedad de materiales avistados en esta zona, en donde la línea de corte posee 1130m de largo, las lutitas, arcillas y limolitas están presentes a lo largo de 838m de la línea de corte, las areniscas calcáreas en 160m, las tobas andesíticas en 78m, las areniscas con carbón en 36m y las calizas negras en 18m.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico estructural de la vía Intervalles de la abscisa 13+300 a 16+400 del barrio La Merced, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja”

9. RECOMENDACIONES

Una vez obtenidos los resultados del levantamiento geológico estructural, se presentan las siguientes recomendaciones:

- ❖ Es necesario una intervención ingenieril para contrarrestar el hundimiento de la vía de primer orden, ya que debido a su magnitud este movimiento puede causar más inconvenientes a futuro.
- ❖ Se requiere ampliar los estudios geológicos en la zona circundante a la quebrada Naranjo Dulce, debido a la presencia de dos deslizamientos en sus inmediaciones.
- ❖ Minimizar la ejecución de actividades pesadas en la cercanía de la quebrada Naranjo Dulce, ya que el terreno al no encontrarse estable puede ocasionar que el deslizamiento se reactive.
- ❖ Realizar una actualización progresiva del inventario de deslizamientos de la zona.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico estructural de la vía Intervalles de la abscisa 13+300 a 16+400 del barrio La Merced, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja”

10. BIBLIOGRAFÍA

- Abramson & L.W. . (1996). *Engineering Geology Principles*. Wileyinterscience.
- Ague, M. (2008). *Hidrología Ambiental*. Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. . Buenos Aires.
- Alvarado, S. (2019). *Caracterización Geologica Geotécnica de la vía Intervalles*. Loja.
- Anderson, E. (1905). *The Dynamics of Faulting*. London.
- Blyth y de Freitas. (1984). *Textura de Rocas*.
- Brabb E.E. & Harold B.L. (1989). *Landslides: extent and economic significance*. Washington.
- Casanova, L. (2002). *Topografía Plana*. Merida.
- Del Río Santana, O. (2020). *Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de drones*. Revista de Arquitectura e Ingeniería, 4-5.
- Demek, J. (1972). *Manual of Detailed Gemorphological Mapping*. Academia Praga.
- Echeveste, H. (2018). *Manual del Levantamiento Geológico: Una introducción a la geología de campo*. La Plata. Argentina: Editorial de la Universidad de La Plata.
- GeologiaWeb. (2018). Obtenido de Pliegues Geológicos: <https://geologiaweb.com/geologia-general/pliegues/>
- GeologiaWeb. (s.f.). *Ciclo de las Rocas*. Obtenido de <https://geologiaweb.com/tipos-de-rocas/ciclo-de-las-rocas/>
- Griem, M. (2020). *Apuntes Geología General: Confección Mapas, Colores litológicos*. Obtenido de <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/PDF-10-10-simbolos.pdf>
- Hungerbuhler. (2002). *Estratigrafía del Neógeno y Geodinámica del sur del Ecuador*.
- Hungerbühler, D. (1997). *Neogene basins in the Andes of Southern Ecuador: Evolution, deformation and regional tectonic implications*. Zurich.
- INIGEMM. (2017). Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico estructural de la vía Intervalles de la abscisa 13+300 a 16+400 del barrio La Merced, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja”

Instituto de Información Geológico y Energético. (2019). Obtenido de <https://www.geoenergia.gob.ec/>

Kennerley, J. (1973). *Geology of Loja Province Southern Ecuador. Institute of Geological Science (Overseas Division)*. London: Unpublished Report.

Lalangui, S. (2018). Estudio geológico a escala 1:5 000 e Inventario de Movimientos en Masa para la ampliación de canal de Riego Campana Malacatos en el sector San José, Parroquia Malacatos, Cantón Loja, Provincia de Loja.

Litherland, M., Aspden, J. A., & Jemielita, R. A. (1994). *The metamorphic belts of Ecuador. Overseas Memoir of the British Geological Survey*.

Lopez, A. (2019). *Caracterización Estructural de Afloramientos Rocosos mediante herramientas de percepción remota*. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería.

M., R. (s.f.). Topografía, Conceptos y Definiciones. Eco Ediciones, pp4.

Matera, L. C. (2002). *Topografía Plana*. Merida.

Muñoz, J. (1995). *Geomorfología General*. Madrid: Editorial SINTESIS.

Navarrete. (2005). *Apuntes de Geología General*.

PDOT. (2014 - 2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial: Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de El Tambo*. El Tambo.

Rincón, M. (2018). *Topografía, Conceptos y Definiciones*.

Suárez, J. (2009). *Deslizamientos. Volumen 1: Análisis Geotécnico*. Colombia: División de Publicaciones UIS.

Tarbuck, E. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una Introducción a la Geología Física*. Madrid: Pearson Education S.A.



UNL



Universidad
Nacional
de Loja



“Levantamiento geológico estructural de la vía Intervalles de la abscisa 13+300 a 16+400 del barrio La Merced, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja”

11. ANEXOS



Anexo 1: Fichas de afloramientos



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS					
Responsable:	Adrián Jiménez Estrella		Afloramiento N°	01	
Carta Topográfica	Hoja de Gonzanamá				
UBICACIÓN					
Provincia:	Loja	Cantón:	Catamayo	Parroquia:	El Tambo
FOTOGRAFÍA	Sector:	La Merced	DATUM:	WGS 1984	
	Localización	X: 689243	Y: 9540917	Z: 1577m	
	Tipo de afloramiento	Natural	X		
		Antropogénico			
	Dimensiones	Largo	30m		
Ancho		25m			
TIPO DE MATERIAL					
Tipo de Roca	Sedimentaria detrítica				
Meteorización	Media				
Datos estructurales	S87°E / 41° SW				
DESCRIPCIÓN	Se evidencia una secuencia estratificada de lutitas de colores variados claramente meteorizadas debido a la presencia de materiales sueltos al pie del talud, con escasa vegetación siendo estratos de lutitas color marrón claro a gris manchados con óxidos de hierro bien compacto, posterior se encuentra un estrato color negro no muy compacto con presencia de materia orgánica y carbón, y finalmente un estrato de coloración amarillenta con olor a azufre.				
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LAS ROCAS					
Código de Muestra:	AF01			FOTOGRAFÍA	
Descripción Petrográfica:	Color	Marrón claro			
	Textura	Clástica			
	Estructura	-			
	Tamaño del grano	Pequeño			
	Forma de los clastos	Poco redondeados			
	Matriz	No definida			
Mineralización	Minerales principales	Minerales arcillosos, cuarzo.			
	Minerales accesorios	Azufre			
	Tipo de alteración	Epitermal			
	Nombre de la roca	Lutita			
Observaciones:	Ninguna.				



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS					
Responsable:	Adrián Jiménez Estrella		Afloramiento N°	02	
Carta Topográfica	Hoja de Gonzanamá				
UBICACIÓN					
Provincia:	Loja	Cantón:	Catamayo	Parroquia:	El Tambo
FOTOGRAFÍA	Sector:	La Merced	DATUM:	WGS 1984	
	Localización	X: 688831	Y: 9540735	Z: 1574m	
	Tipo de afloramiento	Natural			
		Antropogénico		X	
	Dimensiones	Largo		12m	
Ancho		3.5m			
TIPO DE MATERIAL					
Tipo de Roca					
Meteorización	Alta				
Datos estructurales	S70°E / 39° SW				
DESCRIPCIÓN	Es una secuencia de lutitas calcáreas en la base y posterior se aprecian limolitas con lutitas grises sobreyaciendo al paquete calcáreo, las lutitas son muy visibles además de estar bastante alteradas y meteorizadas.				
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LAS ROCAS					
Código de Muestra:	AF07			FOTOGRAFÍA	
Descripción Petrográfica:	Color	Marrón, gris			
	Textura	Clástica			
	Estructura	Vetillas de yeso			
	Tamaño del grano	Grano fino			
	Forma de los clastos	Poco redondeados			
	Matriz	-			
Mineralización	Minerales principales	Minerales arcillosos, cuarzo			
	Minerales accesorios	Vetillas de yeso			
	Tipo de alteración	Propilítica			
	Nombre de la roca	Lutita			
Observaciones:	Ninguna				


FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS					
Responsable:	Adrián Jiménez Estrella		Afloramiento N°	03	
Carta Topográfica	Hoja de Gonzanamá				
UBICACIÓN					
Provincia:	Loja	Cantón:	Catamayo	Parroquia:	El Tambo
FOTOGRAFÍA	Sector:	La Merced	DATUM:	WGS 1984	
	Localización	X: 688480	Y: 9540366	Z: 1586m	
	Tipo de afloramiento	Natural			
		Antropogénico		X	
	Dimensiones	Largo		35m	
Ancho		5m			
TIPO DE MATERIAL					
Tipo de Roca	Sedimentaria detrítica				
Meteorización	Alta				
Datos estructurales	N40°E / 45° SE				
DESCRIPCIÓN	La litología apreciada en este sector se ubica a 100m de la parte baja colindante a una vía de segundo orden, donde se encuentran en su mayoría con tobas andesíticas acompañadas de arcillas de color gris y rojizo sin presencia de estratificación con compactación moderada, con vetillas de yeso abundante y altamente meteorizado.				
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LAS ROCAS					
Código de Muestra:	AF06			FOTOGRAFÍA	
Descripción Petrográfica:	Color	Gris, rojizo			
	Textura	Clástica			
	Estructura	-			
	Tamaño del grano	Mayor a 0.05m			
	Forma de los clastos	Poco redondeados			
	Matriz	-			
Mineralización	Minerales principales	Cuarzo, yeso			
	Minerales accesorios	Óxido de hierro			
	Tipo de alteración	Propilítica			
	Nombre de la roca	Tobas andesíticas			
Observaciones:	Ninguna				

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS					
Responsable:	Adrián Jiménez Estrella		Afloramiento N°	04	
Carta Topográfica	Hoja de Gonzanamá				
UBICACIÓN					
Provincia:	Loja	Cantón:	Catamayo	Parroquia:	El Tambo
FOTOGRAFÍA	Sector:	La Merced	DATUM:	WGS 1984	
	Localización	X: 688651	Y: 9540350	Z: 1555m	
	Tipo de afloramiento	Natural			
		Antropogénico		X	
	Dimensiones	Largo		12m	
Ancho		5m			
TIPO DE MATERIAL					
Tipo de Roca	Sedimentaria detrítica				
Meteorización	Media				
Datos estructurales	N20°E / 39° SE				
DESCRIPCIÓN	Es un afloramiento de tipo antropogénico, por lo que en la parte inferior se puede evidenciar areniscas calcáreas de grano fino a grano medio y clastos metamórficos con pequeñas vetillas de yeso a lo largo de su estructura, en la parte superior se observa lutitas y limolitas esparcidas en todo lo ancho, a su vez es apreciable el crecimiento de vegetación herbácea a lo largo de su superficie.				
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LAS ROCAS					
Código de Muestra:	AF02			FOTOGRAFÍA	
Descripción Petrográfica:	Color	Marrón claro			
	Textura	Clástica			
	Estructura	Slumps. Ripples de corriente			
	Tamaño del grano	Menores a 0.2mm			
	Forma de los clastos	Subredondeados			
	Matriz	Arcillosa			
Mineralización	Minerales principales	Cuarzo, plagioclasa, minerales de arcilla			
	Minerales accesorios	Yeso, óxidos de hierro			
	Tipo de alteración	Propilítica			
	Nombre de la roca	Arenisca			
Observaciones:	Ninguna				



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
Responsable:	Adrián Jiménez Estrella		Afloramiento N°	05		
Carta Topográfica	Hoja de Gonzanamá					
UBICACIÓN						
Provincia:	Loja	Cantón:	Catamayo	Parroquia:	El Tambo	
FOTOGRAFÍA	Sector:	La Merced	DATUM:	WGS 1984		
	Localización	X: 689274	Y: 9539980	Z: 1575m		
	Tipo de afloramiento	Natural	X			
		Antropogénico				
	Dimensiones	Largo	35m			
		Ancho	15m			
TIPO DE MATERIAL						
Tipo de Roca	Roca sedimentaria detrítica					
Meteorización	Altamente meteorizada					
Datos estructurales	S65°E / 41° SW					
DESCRIPCIÓN	Se halla frente a una vía de segundo orden altamente meteorizada y con poca vegetación, son estratificaciones de lutitas bien compactas, mientras que debajo de estas se encuentran areniscas calcáreas de grano medio.					
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LAS ROCAS						
Código de Muestra:	AF03		FOTOGRAFÍA			
Descripción Petrográfica:	Color	Gris, gris oscuro				
	Textura	Clástica				
	Estructura	No apreciable				
	Tamaño del grano	-				
	Forma de los clastos	Poco redondeados				
	Matriz	-				
Mineralización	Minerales principales	Minerales de arcilla y cuarzo				
	Minerales accesorios	Carbonato de calcio				
	Tipo de alteración	Propilítica				
	Nombre de la roca	Lutita				
Observaciones:	Ninguna					

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS					
Responsable:	Adrián Jiménez Estrella		Afloramiento N°	06	
Carta Topográfica	Hoja de Gonzanamá				
UBICACIÓN					
Provincia:	Loja	Cantón:	Catamayo	Parroquia:	El Tambo
FOTOGRAFÍA	Sector:	La Merced	DATUM:	WGS 1984	
	Localización	X: 689218	Y: 9539855	Z: 1506m	
	Tipo de afloramiento	Natural	X		
		Antropogénico			
	Dimensiones	Largo	17.3m		
Ancho		12.5m			
TIPO DE MATERIAL					
Tipo de Roca	Sedimentaria detrítica				
Meteorización	Media				
Datos estructurales	S82°E / 50° SW				
DESCRIPCIÓN	Es una secuencia de capas de lutitas que van de tonalidades marrón y gris, posterior se observa una capa de carbón con impregnaciones de yeso, sobre ésta se aprecia areniscas de grano medio a grueso.				
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LAS ROCAS					
Código de Muestra:	AF04			FOTOGRAFÍA	
Descripción Petrográfica:	Color	Marrón, gris			
	Textura	Clástica			
	Estructura	-			
	Tamaño del grano	Menor a 2mm			
	Forma de los clastos	Subredondeados a redondeados			
	Matriz	-			
Mineralización	Minerales principales	Minerales de arcilla, cuarzo, plagioclasas			
	Minerales accesorios	Yeso, carbón, óxidos de hierro			
	Tipo de alteración	Propilítica			
	Nombre de la roca	Arenisca			
Observaciones:	Ninguna				

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS					
Responsable:	Adrián Jiménez Estrella		Afloramiento N°	07	
Carta Topográfica	Hoja de Gonzanamá				
UBICACIÓN					
Provincia:	Loja	Cantón:	Catamayo	Parroquia:	El Tambo
FOTOGRAFÍA	Sector:	La Merced	DATUM:	WGS 1984	
	Localización	X: 688964	Y: 9539755	Z: 1521m	
	Tipo de afloramiento	Natural		X	
		Antropogénico			
	Dimensiones	Largo		25m	
Ancho		20m			
TIPO DE MATERIAL					
Tipo de Roca	Sedimentaria				
Meteorización	Media				
Datos estructurales	N10°E / 10° SE				
DESCRIPCIÓN	En la parte inferior se observa unas calizas negras micríticas en secuencia con limolitas oxidadas y que no presentan minerales calcáreos, posterior se aprecia una secuencia de lutitas negras y grises afectadas por estructuras de tipo slump, estas además presentan laminación paralela y toda la secuencia muestra un cambio en la facie de depositación.				
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LAS ROCAS					
Código de Muestra:	AF08			FOTOGRAFÍA	
Descripción Petrográfica:	Color	Negro, marrón oscuro.			
	Textura	Micrítica			
	Estructura	Slumps, ripples de corriente			
	Tamaño del grano	Menor a 0.02mm			
	Forma de los clastos	No apreciable			
	Matriz				
Mineralización	Minerales principales	Carbonato de calcio, minerales de arcillas			
	Minerales accesorios	Óxidos de hierro, vetillas de yeso			
	Tipo de alteración	Propilítica			
	Nombre de la roca	Caliza			
Observaciones:	Ninguna.				

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS						
Responsable:	Adrián Jiménez Estrella	Afloramiento N°	08			
Carta Topográfica	Hoja de Gonzanamá					
UBICACIÓN						
Provincia:	Loja	Cantón:	Catamayo	Parroquia:	El Tambo	
FOTOGRAFÍA	Sector:	La Merced	DATUM:	WGS 1984		
	Localización	X: 688963	Y: 9539541	Z: 1568m		
	Tipo de afloramiento	Natural	X			
		Antropogénico				
	Dimensiones	Largo	10m			
		Ancho	8m			
	TIPO DE MATERIAL					
Tipo de Roca	Sedimentaria detrítica					
Meteorización	Alta					
Datos estructurales	S85°E / 20° SW					
DESCRIPCIÓN	Se aprecia una secuencia de lutitas y estratos de areniscas, además presentan laminación paralela y algunas de grano más grueso, toda la secuencia se encuentra afectada por vetillas principalmente de yeso y óxidos de hierro.					
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LAS ROCAS						
Código de Muestra:	AF05			FOTOGRAFÍA		
Descripción Petrográfica:	Color	Marrón claro				
	Textura	Clástica				
	Estructura	Slumps, vetillas de yeso				
	Tamaño del grano	Menores a 0.2mm				
	Forma de los clastos	Subredondeados a redondeados.				
	Matriz	-				
Mineralización	Minerales principales	Minerales de arcilla				
	Minerales accesorios	Yeso, óxido de hierro				
	Tipo de alteración	Propilítica				
	Nombre de la roca	Lutita				
Observaciones:	Ninguna					

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS					
Responsable:	Adrián Jiménez Estrella		Afloramiento N°	09	
Carta Topográfica	Hoja de Gonzanamá				
UBICACIÓN					
Provincia:	Loja	Cantón:	Catamayo	Parroquia:	El Tambo
FOTOGRAFÍA	Sector:	La Merced	DATUM:	WGS 1984	
	Localización	X: 688687	Y: 9539243	Z: 1546m	
	Tipo de afloramiento	Natural	X		
		Antropogénico			
	Dimensiones	Largo	50m		
Ancho		7m			
TIPO DE MATERIAL					
Tipo de Roca	Sedimentaria				
Meteorización	Media				
Datos estructurales	S4°E / 12° SW				
DESCRIPCIÓN	El presente afloramiento consiste en una secuencia deposicional de lutitas con arcillas con vetillas de óxidos de hierro a lo largo de toda su estructura, a su vez hay la presencia de ligeros estratos de calcita.				
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LAS ROCAS					
Código de Muestra:	AF09			FOTOGRAFÍA	
Descripción Petrográfica:	Color	Marrón claro			
	Textura	Clástica			
	Estructura	Estratificada			
	Tamaño del grano	Menores a 1mm			
	Forma de los clastos	Subredondeados			
	Matriz	Arcillosa			
Mineralización	Minerales principales	Mineral de arcilla			
	Minerales accesorios	Óxido de hierro, vetillas de yeso			
	Tipo de alteración	Propilítica			
	Nombre de la roca	Lutita			
Observaciones:	Ninguna.				

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS							
Responsable:	Adrián Jiménez Estrella		Afloramiento N°	10			
Carta Topográfica	Hoja de Gonzanamá						
UBICACIÓN							
Provincia:	Loja	Cantón:	Catamayo	Parroquia:	El Tambo		
FOTOGRAFÍA	Sector:	La Merced	DATUM:	WGS 1984			
	Localización	X:	688823	Y:	9539138	Z:	1545m
	Tipo de afloramiento	Natural	X				
		Antropogénico					
	Dimensiones	Largo	60m				
Ancho		6.5m					
TIPO DE MATERIAL							
Tipo de Roca	Sedimentaria						
Meteorización	Media						
Datos estructurales	S70°W / 34° NW						
DESCRIPCIÓN	Este afloramiento representa una secuencia estratificada de lutitas, arcillas y secciones de yeso, a su vez presenta clastos triturados redondeados en la parte inferior debido a la meteorización del sitio, así como vegetación abundante en su parte superior.						
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LAS ROCAS							
Código de Muestra:	AF10			FOTOGRAFÍA			
Descripción Petrográfica:	Color	Marrón claro					
	Textura	Clástica					
	Estructura	Estratificada					
	Tamaño del grano	Menores a 1mm					
	Forma de los clastos	Subredondeados					
	Matriz	Arcilla					
Mineralización	Minerales principales	Minerales de arcilla, limolita					
	Minerales accesorios	Secuencias estratificadas de yeso, óxidos de hierro					
	Tipo de alteración	Propilítica					
	Nombre de la roca	Lutita					
Observaciones:	Ninguna.						



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD DE LA ENERGIA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
CARRERA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL





Anexo 2: Ficha del deslizamiento #1

FORMATO MODIFICADO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA Vs 2012													
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas								IMPORTANCIA*					
								Alta	<input checked="" type="checkbox"/> Media	<input type="checkbox"/> Baja	<input type="checkbox"/>		
ENCUESTADOR* Adrián Jiménez Estrella													
FECHA EVENTO*			FECHA REPORTE*			INSTITUCIÓN*			COD. GRUPO		COD. SIMMA		
DD 04 MM 04 AA 2021			DD 04 MM 04 AA 2021			Universidad Nacional de Loja			"D1"				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA													
POR DIVISION POLITICA		COORDENADAS GEOGRAFICAS				REFERENTES GEOGRAFICOS			DOCUMENTACION				
Departamento*		Sitio* La Merced				Junto a la quebrada Dulce Naranjo			PLANCHAS				
Municipio*		Lat (GMS)* 9539783							FOTOGRAFIAS AEREAS				
Vereda*		Long (GMS)* 689026							Nro Vuelo				
		Altura* 1548							Nro Foto				
		Proyeccion: Magna *							Año				
									Escala				
									Editor				
ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO													
EDAD		ESTADO		ESTILO		DISTRIBUCION		DESCRIPCION					
< 1 año <input type="checkbox"/> 21-30 años <input type="checkbox"/>		Activo <input type="checkbox"/>		Complejo <input type="checkbox"/>		Retrogrado <input type="checkbox"/>		La roca es de tipo sedimentaria, categorizada como arcilla con peque-					
1-5 años <input type="checkbox"/> 31-40 años <input type="checkbox"/>		Reactivado <input type="checkbox"/>		Compuesto <input checked="" type="checkbox"/>		Avanzado <input type="checkbox"/>		ñas intercalaciones de yeso.					
6-10 años <input type="checkbox"/> 41-60 años <input type="checkbox"/>		Suspendido <input type="checkbox"/>		Múltiple <input type="checkbox"/>		Ensamblado <input checked="" type="checkbox"/>							
11-15 años <input checked="" type="checkbox"/> 61-80 años <input type="checkbox"/>		INACTIVO <input type="checkbox"/>		Sucesivo <input type="checkbox"/>		Confinado <input type="checkbox"/>							
16-20 años <input type="checkbox"/> > 80 años <input type="checkbox"/>		Abandonado <input type="checkbox"/>		Unico <input type="checkbox"/>		Creciente <input type="checkbox"/>							
		Estabilizado <input type="checkbox"/>				Decreciente <input type="checkbox"/>							
		Relicto <input type="checkbox"/>				Móvil <input type="checkbox"/>							
LITOLOGIA Y ESTRUCTURA													
				ESTRUCTURA				ORIENTACIÓN					
				Planos de				DR BZ					
				Estratificación <input checked="" type="checkbox"/>				>2					
				Foliación <input type="checkbox"/>				2-0.6					
				Diaclasas <input type="checkbox"/>				0.6-0.2					
				Falla <input type="checkbox"/>				0.2-0.06					
				Discordancia <input type="checkbox"/>				<0.06					
				Esquistosidad <input type="checkbox"/>									
NOTA: DR: Dirección de buzamiento, BZ: Buzamiento													
CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO													
TIPO MOVIMIENTO		SUBTIPO MOVIMIENTO						TIPO MATERIAL		HUMEDAD		PLASTICIDAD	
Caída <input type="checkbox"/>		Caída de roca <input type="checkbox"/>		Desliz. traslacional <input type="checkbox"/>		Desliz. por flujo <input type="checkbox"/>		Roca <input type="checkbox"/>		Mojado <input type="checkbox"/>		Alta <input type="checkbox"/>	
Volcamiento <input type="checkbox"/>		Caída de detritos <input type="checkbox"/>		Desliz. en cuña <input type="checkbox"/>		Avalancha de detritos <input type="checkbox"/>		Detritos <input checked="" type="checkbox"/>		Muy húmedo <input type="checkbox"/>		Media <input type="checkbox"/>	
Deslizamiento <input checked="" type="checkbox"/>		Caída de tierras <input checked="" type="checkbox"/>		Desliz. traslacional en cuña <input type="checkbox"/>		Flujo de tierra <input type="checkbox"/>		Tierra <input checked="" type="checkbox"/>		Húmedo <input type="checkbox"/>		Baja <input checked="" type="checkbox"/>	
Flujo <input type="checkbox"/>		Volcam. flexural de roca <input type="checkbox"/>		Desliz. traslacional planar <input type="checkbox"/>		Crecida de detritos <input type="checkbox"/>		Lodos <input type="checkbox"/>		Liger. húmedo <input checked="" type="checkbox"/>		No plástico <input type="checkbox"/>	
Propagación lateral <input type="checkbox"/>		Volcam. de roca <input type="checkbox"/>		Avalancha de rocas <input type="checkbox"/>		Flujo de turba <input type="checkbox"/>		Turba <input type="checkbox"/>		Seco <input type="checkbox"/>			
Reptación <input type="checkbox"/>		Volcam. macizo rocoso <input type="checkbox"/>		Flujo de detritos <input type="checkbox"/>		Desliz. licuación de arena <input type="checkbox"/>							
Deform. Gravit. Profundas <input type="checkbox"/>		Desliz. rotacional <input type="checkbox"/>		Flujo de lodo <input type="checkbox"/>		Desliz. licuación de limo <input type="checkbox"/>							
VELOCIDAD													
Residual <input type="checkbox"/>		Coluvial <input type="checkbox"/>		Aluvial <input type="checkbox"/>		Lacustre <input type="checkbox"/>		Extr. rápido (>5 m/s) <input type="checkbox"/>		Moderado (>13 m/mes) <input type="checkbox"/>		Extr. Lento (<16 mm/año) <input type="checkbox"/>	
Sedimentario <input checked="" type="checkbox"/>		Volcánico <input type="checkbox"/>		Eólico <input checked="" type="checkbox"/>		Marino <input type="checkbox"/>		Muy rápido (>3 m/min) <input type="checkbox"/>		Lento (>1.6 m/año) <input checked="" type="checkbox"/>		V _{máx} _____	
				Glacial <input type="checkbox"/>				Rápido (>1.8 m/hr) <input type="checkbox"/>		Muy lento (>16 mm/año) <input type="checkbox"/>		V _{mín} _____	
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN*													
Hutchinson, 1988 <input type="checkbox"/>		Cruden v Varnes, 1996 <input type="checkbox"/>		Varnes, 1978 <input type="checkbox"/>		Hungr et al., 2001 <input type="checkbox"/>							
MORFOMETRIA													
GENERAL			DIMENSIONES DEL TERRENO				DEFORMACION TERRENO			GEOFORMA			
Diferencia de altura corona a punta (m) 28			Ancho de la masa desplazada Wd (m) _____				Volumen inicial (m3) 15400						
Longitud horizontal corona a punta (m) 55			Ancho de la superficie de ruptura Wr (m) _____				Volumen desplazado (m3) 9240						
Fahrböschung (grados) 70			Longitud de la masa desplazada Ld (m) _____				Área inicial (Km2) _____						
Pendiente de ladera en Post-falla (grados) _____			Longitud de superficie de ruptura Lr (m) _____				Área total afectada (Km2) _____						
Pendiente de ladera en Pre-falla (grados) _____			Espesor de la masa desplazada Dd (m) _____				Run up (m) _____						
Dirección del movimiento (grados) _____			Profundidad de superficie de ruptura Dr (m) _____				Distancia de viaje (Km) _____						
Azimut del talud (grados) 160			Longitud total L (m) 55										
CAUSAS DEL MOVIMIENTO													
INHERENTES				CONTRIBUYENTES - DETONANTES									
<input checked="" type="checkbox"/> Material plástico débil				<input type="checkbox"/> Movimiento tectónico									
<input type="checkbox"/> Material sensible				<input checked="" type="checkbox"/> Desembalse rápido de presas									
<input type="checkbox"/> Material colapsible				<input checked="" type="checkbox"/> Erosión pata del talud por glaciares									
<input type="checkbox"/> Material meteor. físicamente				<input type="checkbox"/> Sismo M ____ E ____ De ____ P ____									
<input type="checkbox"/> Material meteor. químicamente				<input type="checkbox"/> Erupción volcánica									
<input type="checkbox"/> Material fallado por corte				<input type="checkbox"/> Lluvias (mm) 24h ____ 48h ____ 72h ____ Mes ____									
<input type="checkbox"/> Meteor. por descongelamiento/deshielo				<input checked="" type="checkbox"/> Socavación pata del talud por oleaje									
<input type="checkbox"/> Meteor. por expansión/contracción				<input checked="" type="checkbox"/> Socavación de margenes de ríos									
				<input type="checkbox"/> Viento									
				<input checked="" type="checkbox"/> Erosión Pluvial									
				<input type="checkbox"/> Deshielo									
				<input type="checkbox"/> Carca en la corona del talud									
				<input type="checkbox"/> Rompimiento de lagos en crateres									
				<input type="checkbox"/> Erosión subterránea (disolución, tubificación)									
				<input checked="" type="checkbox"/> Irrigación									
				<input type="checkbox"/> Rompimiento de presas									
				<input type="checkbox"/> Mantenimiento deficiente sistema de drenaje									
				<input checked="" type="checkbox"/> Escapes de agua de tuberías									
				<input type="checkbox"/> Deforestación o ausencia de vegetación									
				<input type="checkbox"/> Minería									
				<input checked="" type="checkbox"/> Disposición deficiente de estériles/escombros									
				<input type="checkbox"/> Vibración artificial (trafico, explosiones, hincado pilotes)									
				<input type="checkbox"/> Erosión Fluvial									
				<input checked="" type="checkbox"/> NOTAS: C: Condicionante, D: Detonante, I: Inherente									
				<input type="checkbox"/> 24h(mm): Lluvia acumulada antes del movimiento - M:									



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD DE LA ENERGIA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
CARRERA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL



TIPO DE EROSION																				
SUPERFICIAL			SUBSUPERFICIAL			EDAD		ESTADO		FLUVIAL		EOLICA								
Tierras malas	<input checked="" type="checkbox"/>		Surcos	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Cavernas	<input type="checkbox"/>	Antigua	<input type="checkbox"/>	Baja	<input checked="" type="checkbox"/>	Severa	<input type="checkbox"/>	Socav. fondo	<input type="checkbox"/>	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
Carcavas	<input type="checkbox"/>		Hondonadas	<input type="checkbox"/>			Tubificación	<input type="checkbox"/>	Reciente	<input checked="" type="checkbox"/>	Moderada	<input type="checkbox"/>			Socav. lateral	<input checked="" type="checkbox"/>				
COBERTURA Y USO DEL SUELO						REFERENCIAS														
COBERTURA DEL SUELO			USO DEL SUELO			AUTOR	ANO	TITULO	EDITOR	CIUDAD	PAGINAS									
Veg. Herbácea	10	%	Cultivos	10	%	Ganadería	20	%	Área protegida	-	%									
Bosque/Selva	10	%	Construcciones	-	%	Agrícola	20	%	Vías	5	%									
Matorrales	5	%	Pastos	5	%	Recreación	-	%	Zona arqueológica	-	%									
Cuerpo de agua	-	%	Sin cobertura	60	%	Vivienda	-	%	Zona Industrial	-	%									
						Minería	-	%	Sin uso	75	%									
EFECTOS SECUNDARIOS																				
TIPO (Costa & Schuster, 1988)		MORFOMETRIA DE LA PRESA				REPRESAMIENTO MORFOMETRIA DEL EMBALSE				CONDICIONES DE LA PRESA				OTROS EFECTOS						
I	<input type="checkbox"/>	Longitud (m)	<input type="text"/>	Volúmen (m³)	<input type="text"/>	Longitud (m)	<input type="text"/>	Área cuenca (m²)	<input type="text"/>	Obstrucción parcial	<input type="checkbox"/>	Moderadamente socavada	<input type="checkbox"/>	Tsunami (ola)	<input type="checkbox"/>					
II	<input type="checkbox"/>	Altura (m)	<input type="text"/>	Talud arriba (°)	<input type="text"/>	Área (m²)	<input type="text"/>	Caudal entrada	<input type="text"/>	Erosión de la pata	<input type="checkbox"/>	Fuertemente socavada	<input type="checkbox"/>	Empalizada	<input type="checkbox"/>					
III	<input type="checkbox"/>	Ancho (m)	<input type="text"/>	Talud abajo (°)	<input type="text"/>	Volúmen (m³)	<input type="text"/>	Caudal salida	<input type="text"/>	Estabilización artificial	<input type="checkbox"/>	Parcialmente fallada	<input type="checkbox"/>	Sedimentación	<input type="checkbox"/>					
						Nivel agua bajo corona (m)	<input type="text"/>	Tasa de llenado	<input type="text"/>	Ligeramente socavada	<input type="checkbox"/>	Fallada	<input type="checkbox"/>	Sismo	<input type="checkbox"/>					
DANOS																				
POBLACION AFECTADA				INFRAESTRUCTURA, ACTIVIDADES ECONOMICAS, DANOS AMBIENTALES																
Heridos: Ninguno				TIPO																
Vidas: Ninguna				CANTIDAD																
Desaparecidos: Ninguna				UNIDAD																
Personas: Ninguna				TIPO DAÑO																
Familias: Ninguna				VALOR (US\$)																
TIPO DE DAÑO: Infraestructura: edificios, carreteras, inst. educativa, puentes, servicios publicos, vía ferrea, torre conducción eléctrica, obras lineales, planta eléctrica, torre de energía, capa asfáltica, galpones, tanque almacenamiento, espolones, distrito riego, puentes peatonales, puentes veredales, acueducto. Económicos: agricultura, ganadería, cultivos, semovientes, transporte pasajeros o carga. Ambientales: parques, bosques, planta tratamiento de agua.				I E A				DL	DM	DS	DT	NC								
				I E A				DL	DM	DS	DT	NC								
				I E A				DL	DM	DS	DT	NC								
				I E A				DL	DM	DS	DT	NC								
				I E A				DL	DM	DS	DT	NC								
				I E A				DL	DM	DS	DT	NC								
NOTA: I: Infraestructura, E: Económicos, A: Ambientales, DL: Daño leve, DM: Daño moderado, DS: Daño severo, DT: Daño total, NC: No cuantificable																				
NOTAS				APRECIACION DEL RIESGO				ANEXO FOTOGRAFICO												
En la parte superior del deslizamiento habían aproximadamente 8 ejemplares de tipo vacuno, las cuáles consumían la vegetación del sector.				No apreciable para la vida humana o animal.				FECHA	FOTOGRAFIA	AUTOR/DERECHOS	OBSERVACIONES									
								04/04/2021		Adrián Jiménez Estrella	Ninguna									
ESQUEMA DEL MOVIMIENTO																				
PLANTA								PERFIL												
																				
FECHA				OBSERVACIONES				FECHA				OBSERVACIONES								
04/04/2021				El ganado que se encuentra en la parte superior puede llegar a ser un desencadenante del movimiento.				04/04/2021				El terreno es muy inestable, por lo que la mínima presión permite el desplazamiento del mismo.								



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD DE LA ENERGIA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
CARRERA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL





Anexo 3: Ficha del deslizamiento #2

FORMATO MODIFICADO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA Vs 2012															
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas								IMPORTANCIA* Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/>							
DATOS DE REGISTRO ENCUESTADOR* Adrián Jiménez Estrella FECHA EVENTO* DD 20 MM 06 AA 2021 FECHA REPORTE* DD 20 MM 06 AA 2021 INSTITUCIÓN* Universidad Nacional de Loja COD. GRUPO "D2" COD. SIMMA															
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA POR DIVISION POLITICA		COORDENADAS GEOGRAFICAS Sitio* La Merced Lat (GMS)* 9539739 Long (GMS)* 689212 Altura* 1579 Proyeccion: Magna *		REFERENTES GEOGRAFICOS A 100m de la quebrada Dulce Naranjo		PLANCHAS PLANCHAS AÑO ESCALA EDITOR		DOCUMENTACION Nro Vuelo Nro Foto Año Escala Editor							
ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO EDAD ESTADO ESTILO DISTRIBUCION			DESCRIPCION La composición principal del deslizamiento son las lutitas acompañadas de arcillas de grano fino.			LITOLOGIA Y ESTRUCTURA ESTRUCTURA ORIENTACION ESPACIAMIENTO (m)									
< 1 año <input type="checkbox"/> 21-30 años <input type="checkbox"/> 1-5 años <input type="checkbox"/> 31-40 años <input type="checkbox"/> 6-10 años <input type="checkbox"/> 41-60 años <input type="checkbox"/> 11-15 años <input checked="" type="checkbox"/> 61-80 años <input type="checkbox"/> 16-20 años <input type="checkbox"/> > 80 años <input type="checkbox"/>			Activo <input type="checkbox"/> Reactivado <input checked="" type="checkbox"/> Suspendido <input type="checkbox"/> INACTIVO <input type="checkbox"/> Latente <input type="checkbox"/> Abandonado <input type="checkbox"/> Estabilizado <input type="checkbox"/> Relicto <input type="checkbox"/>			Complejo <input type="checkbox"/> Compuesto <input checked="" type="checkbox"/> Múltiple <input type="checkbox"/> Sucesivo <input checked="" type="checkbox"/> Único <input type="checkbox"/>			Regresivo <input type="checkbox"/> Avanzado <input type="checkbox"/> Ensanchado <input checked="" type="checkbox"/> Confinado <input type="checkbox"/> Creciente <input type="checkbox"/> Decreciente <input type="checkbox"/> Móvil <input type="checkbox"/>			ESTRUCTURA ORIENTACION ESPACIAMIENTO (m) Planos de Estratificación <input checked="" type="checkbox"/> Foliación <input type="checkbox"/> Diaclasas <input type="checkbox"/> Falla <input type="checkbox"/> Discordancia <input type="checkbox"/> Esquistosidad <input type="checkbox"/> DR BZ >2 2-0.6 0.6-0.2 0.2-0.06 <0.06 NOTA: DR: Dirección de buzamiento, BZ: Buzamiento			
CLASIFICACION DEL MOVIMIENTO TIPO MOVIMIENTO SUBTIPO MOVIMIENTO TIPO MATERIAL HUMEDAD PLASTICIDAD															
Caída <input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> Deslizamiento <input checked="" type="checkbox"/> Flujo <input type="checkbox"/> Propagación Lateral <input type="checkbox"/> Reptación <input type="checkbox"/> Deform. Gravit. Profundas <input type="checkbox"/>															
Caída de roca <input type="checkbox"/> Caída de detritos <input type="checkbox"/> Caída de tierras <input type="checkbox"/> Volcam. flexural de roca <input type="checkbox"/> Volcam. de roca <input type="checkbox"/> Volcam. macizo rocoso <input type="checkbox"/> Desliz. rotacional <input type="checkbox"/>															
Desliz. traslacional <input type="checkbox"/> Desliz. en cuña <input checked="" type="checkbox"/> Desliz. traslacional en cuña <input type="checkbox"/> Desliz. traslacional planar <input type="checkbox"/> Avalancha de rocas <input type="checkbox"/> Flujo de detritos <input type="checkbox"/> Flujo de lodo <input type="checkbox"/>															
Desliz. por flujo <input type="checkbox"/> Avalancha de detritos <input type="checkbox"/> Flujo de tierra <input type="checkbox"/> Crecida de detritos <input type="checkbox"/> Flujo de turba <input type="checkbox"/> Desliz. licuación de arena <input type="checkbox"/> Desliz. licuación de limo <input type="checkbox"/>															
Desliz. licuación detritos <input type="checkbox"/> Desliz. licuación roca fracturada <input type="checkbox"/> Propag. lateral lenta <input type="checkbox"/> Propag. lateral licuación <input type="checkbox"/> Rentación de suelos <input type="checkbox"/> Soliflucción <input type="checkbox"/> Geliflucción (en permafrost) <input type="checkbox"/>															
Roca <input type="checkbox"/> Detritos <input checked="" type="checkbox"/> Tierra <input type="checkbox"/> Lodos <input type="checkbox"/> Turba <input type="checkbox"/>															
Moido <input type="checkbox"/> Muv Húmedo <input type="checkbox"/> Húmedo <input type="checkbox"/> Liger. húmedo <input checked="" type="checkbox"/> Seco <input type="checkbox"/>															
Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baia <input checked="" type="checkbox"/> No plástico <input type="checkbox"/>															
ORIGEN SUELO TIPO DEPOSITO (Origen suelo sedimentario) VELOCIDAD SISTEMA DE CLASIFICACION*															
Residual <input type="checkbox"/> Sedimentario <input checked="" type="checkbox"/> Coluvial <input type="checkbox"/> Volcánico <input type="checkbox"/> Aluvial <input type="checkbox"/> Eólico <input checked="" type="checkbox"/> Glacial <input type="checkbox"/> Lacustre <input type="checkbox"/> Marino <input type="checkbox"/> Extr. rápido (>5 m/s) <input type="checkbox"/> Muv rápido (>3 m/min) <input type="checkbox"/> Rápido (>1.8 m/hr) <input type="checkbox"/> Moderado (>13 m/mes) <input type="checkbox"/> Lento (>1.6 m/año) <input checked="" type="checkbox"/> Muv lento (>16 mm/año) <input type="checkbox"/> Extr. Lento (<16 mm/año) <input type="checkbox"/>															
Hutchinson, 1988 <input type="checkbox"/> Varnes, 1978 <input type="checkbox"/> Cruden y Varnes, 1996 <input type="checkbox"/> Hungr et al., 2001 <input type="checkbox"/>															
MORFOMETRIA GENERAL DIMENSIONES DEL TERRENO DEFORMACION TERRENO GEOFORMA															
Diferencia de altura corona a punta (m) 4 Ancho de la masa desplazada Wd (m) Volumen inicial (m3) 260 MODO Ondulación <input checked="" type="checkbox"/> Escalonamiento <input type="checkbox"/> SEVERIDAD Leve <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Severa <input type="checkbox"/>															
Longitud horizontal corona a punta (m) 13 Ancho de la superficie de ruptura Wr (m) Volumen desplazado (m3) 156															
Fahrböschung (grados) 35 Longitud de la masa desplazada Ld (m) Área inicial (Km2)															
Pendiente de ladera en Post-falla (grados) Longitud de superficie de ruptura Lr (m) Área total afectada (Km2)															
Pendiente de ladera en Pre-falla (grados) Espesor de la masa desplazada Dd (m) Run up (m)															
Dirección del movimiento (grados) Profundidad de superficie de ruptura Dr (m) Distancia de viaje (Km)															
Azimut del talud (grados) 260 Longitud total L (m) 13															
CAUSAS DEL MOVIMIENTO INHERENTES MOVIMIENTO TECTÓNICO CONTRIBUYENTES - DETONANTES															
Material plástico débil <input checked="" type="checkbox"/> Material fisurado y agrietado <input type="checkbox"/> Movimiento tectónico <input type="checkbox"/> Desembalse rápido de presas <input type="checkbox"/> Mantenimiento deficiente sistema de drenaje <input type="checkbox"/>															
Material sensible <input type="checkbox"/> Orientación defav. de discontinuidades <input type="checkbox"/> Sismo M___ E ___ De ___ P ___ <input type="checkbox"/> Erosión pata del talud por glaciares <input type="checkbox"/> Escapes de agua de tuberías <input type="checkbox"/>															
Material colapsible <input type="checkbox"/> Contraste de permeabilidad de materiales <input type="checkbox"/> Erucción volcánica <input type="checkbox"/> Socavación pata del talud por corriente agua <input checked="" type="checkbox"/> Deforestación o ausencia de vegetación <input checked="" type="checkbox"/>															
Material meteor. fisicamente <input type="checkbox"/> Contraste de rigidez de materiales <input type="checkbox"/> Lluvias (mm) 24h ___ 48h ___ 72h ___ Mes ___ <input checked="" type="checkbox"/> Socavación pata del talud por oleaje <input type="checkbox"/> Minería <input type="checkbox"/>															
Material meteor. quimicamente <input type="checkbox"/> Meteoriz. por descongelamiento/deshielo <input type="checkbox"/> Viento <input type="checkbox"/> Socavación de margenes de ríos <input type="checkbox"/> Disposición deficiente de estériles/escombros <input type="checkbox"/>															
Material fallado por corte <input type="checkbox"/> Meteoriz. por expansión/contracción <input checked="" type="checkbox"/> Deshielo <input type="checkbox"/> Erosión Pluvial <input type="checkbox"/> Vibración artificial (trafico, explosiones, hincado pilotes) <input checked="" type="checkbox"/>															
Avance/Retroceso de glaciares <input type="checkbox"/> Erosión subterránea (disolución, tubificación) <input checked="" type="checkbox"/> Erosión Fluvial <input checked="" type="checkbox"/>															
Rompimiento de lagos en crateres <input type="checkbox"/> Irrigación <input type="checkbox"/>															
Rompimiento de presas <input type="checkbox"/>															



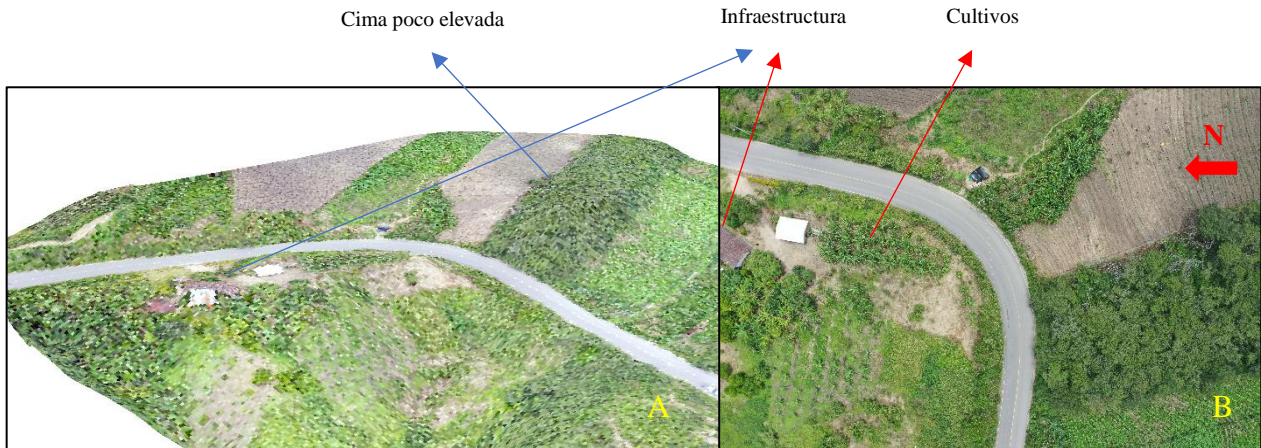
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD DE LA ENERGIA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
CARRERA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL



TIPO DE EROSIÓN										
SUPERFICIAL			SUBSUPERFICIAL			ESTADO		FLUVIAL		EOLICA
Tierras malas <input checked="" type="checkbox"/>	Surcos <input type="checkbox"/>	Laminar <input type="checkbox"/>	Cavernas <input type="checkbox"/>	Antigua <input type="checkbox"/>	Baia <input checked="" type="checkbox"/>	Severa <input type="checkbox"/>	Socav. fondo <input type="checkbox"/>	Si <input checked="" type="checkbox"/>		
Carcavas <input type="checkbox"/>	Hondonadas <input type="checkbox"/>		Tubificación <input type="checkbox"/>	Reciente <input checked="" type="checkbox"/>	Moderada <input type="checkbox"/>		Socav. lateral <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		
COBERTURA Y USO DEL SUELO					REFERENCIAS					
COBERTURA DEL SUELO			USO DEL SUELO		AUTOR	ANO	TITULO	EDITOR	CIUDAD	PAGINAS
Veg. Herbácea <u>5</u> %	Cultivos _____ %	Ganadería _____ %	Área protegida _____ %							
Bosque/Selva _____ %	Construcciones _____ %	Agrícola _____ %	Vías <u>80</u> %							
Matorrales <u>5</u> %	Pastos <u>5</u> %	Recreación _____ %	Zona arqueológica _____ %							
Cuerpo de agua _____ %	Sin cobertura <u>85</u> %	Vivienda _____ %	Zona Industrial _____ %							
		Minería _____ %	Sin uso <u>20</u> %							
EFECTOS SECUNDARIOS										
TIPO (Costa & Schuster, 1988)		MORFOMETRIA DE LA PRESA			REPRESAMIENTO MORFOMETRIA DEL EMBALSE			CONDICIONES DE LA PRESA		OTROS EFECTOS
I <input type="checkbox"/>	IV <input type="checkbox"/>	Longitud (m) _____	Volúmen (m ³) _____	Longitud (m) <input type="checkbox"/>	Área cuenca (m ²) <input type="checkbox"/>	Obstrucción parcial <input type="checkbox"/>	Moderadamente socavada <input type="checkbox"/>	Tsunami (ola) <input type="checkbox"/>	Inundación <input type="checkbox"/>	
II <input type="checkbox"/>	V <input type="checkbox"/>	Altura (m) _____	Talud arriba (*) _____	Área (m ²) <input type="checkbox"/>	Caudal entrada <input type="checkbox"/>	Erosión de la pata <input type="checkbox"/>	Fuertemente socavada <input type="checkbox"/>	Empalizada <input type="checkbox"/>		
III <input type="checkbox"/>	VI <input type="checkbox"/>	Ancho (m) _____	Talud abajo (*) _____	Volúmen (m ³) <input type="checkbox"/>	Caudal salida <input type="checkbox"/>	Estabilización artificial <input type="checkbox"/>	Parcialmente fallada <input type="checkbox"/>	Sedimentación <input type="checkbox"/>		
				Nivel agua bajo corona (m) <input type="checkbox"/>	Tasa de llenado <input type="checkbox"/>	Ligeramente socavada <input type="checkbox"/>	Fallada <input type="checkbox"/>	Sismo <input type="checkbox"/>		
DAÑOS										
POBLACION AFECTADA			INFRAESTRUCTURA, ACTIVIDADES ECONOMICAS, DAÑOS AMBIENTALES							
Heridos <u>Ninguno</u>			TIPO DAÑO VALOR (US\$)							
Vidas <u>Ninguno</u>			TIPO DAÑO VALOR (US\$)							
Desaparecidos <u>Ninguno</u>			TIPO DAÑO VALOR (US\$)							
Personas <u>Ninguno</u>			TIPO DAÑO VALOR (US\$)							
Familias <u>Ninguno</u>			TIPO DAÑO VALOR (US\$)							
TIPO DE DAÑO: <u>Infraestructura:</u> edificios, carreteras, inst. educativa, puentes, servicios publicos, vía ferrea, torre conducción eléctrica, obras lineales, planta eléctrica, torre de energía, capa asfáltica, galpones, tanque almacenamiento, espolones, distrito riego, puentes peatonales, puentes veredales, acueducto. <u>Económicos:</u> agricultura, ganadería, cultivos, semovientes, transporte pasajeros y carga. <u>Ambientales:</u> parques, bosques, planta tratamiento de agua.			TIPO DAÑO VALOR (US\$) DL DM DS DT NC DL DM DS DT NC DL DM DS DT NC DL DM DS DT NC DL DM DS DT NC DL DM DS DT NC							
NOTA: I: Infraestructura, E: Económicos, A: Ambientales, DL: Daño leve, DM: Daño moderado, DS: Daño severo, DT: Daño total, NC: No cuantificable										
NOTAS		APRECIACION DEL RIESGO			ANEXO FOTOGRAFICO					
El material va cayendo progresivamente durante el día.		Mínimo riesgo para la vida humana y nulo riesgo para la vida animal.			FECHA	FOTOGRAFIA	AUTOR/DERECHOS	OBSERVACIONES		
					20/06/2021		Adrián Jiménez Estrella	Ninguna		
ESQUEMA DEL MOVIMIENTO										
PLANTA					PERFIL					
										
FECHA					OBSERVACIONES					
20/06/2021					Las vibraciones constantes de los vehículos que transitan la zona ayuda a la caída de detritos del deslizamiento.					
FECHA					OBSERVACIONES					
20/06/2021					El terreno es inestable, por lo que una presión leve provoca el desplazamiento del terreno hacia la vía.					

Anexo 4: Fotointerpretación

Geoformas



Fotografía 24: Fotointerpretación de geoformas.

Mediante la fotointerpretación se pudo identificar la geomorfología de todo el territorio de estudio, en esta orto-foto en particular, se aprecia un relieve colinado muy bajo (RCMB), vista lateral 3D (A) y aérea (B), en las orto-fotos se logra apreciar cimas poco elevadas y ligeramente planas, datos analizados junto con la topografía del sector mediante el desnivel existente, a su vez se apreció infraestructuras alrededor de la curva de la vía principal, junto con plantaciones de cultivos, datos que fueron corroborados a posterior al dirigirse a campo para su puntual etiquetado en el mapa geomorfológico. Este proceso se aplica para todas las geoformas encontradas.

Cursos de agua



Fotografía 25: Fotointerpretación de cursos de agua.

A través de la fotointerpretación de las fotografías aéreas obtenidas se puede apreciar una corriente de agua en este punto del área de estudio, debido a la existencia de un puente, el claro desnivel existente y el avistamiento de un cauce natural, datos corroborados al momento de realizar una visita de campo.

Vegetación y uso de suelo



Fotografía 26: Fotointerpretación de vegetación y uso de suelo.

Realizando la interpretación de la presente orto-foto se pudo apreciar la erosión del suelo, ya que no existe en gran parte del sector ningún tipo de vegetación, además en la zona aledaña se observaron pastos, arbustos, vegetación arbórea diversa y la presencia de cultivos plantados y suelo preparado para una futura plantación. Este proceso es válido para todo el territorio.

Deslizamientos



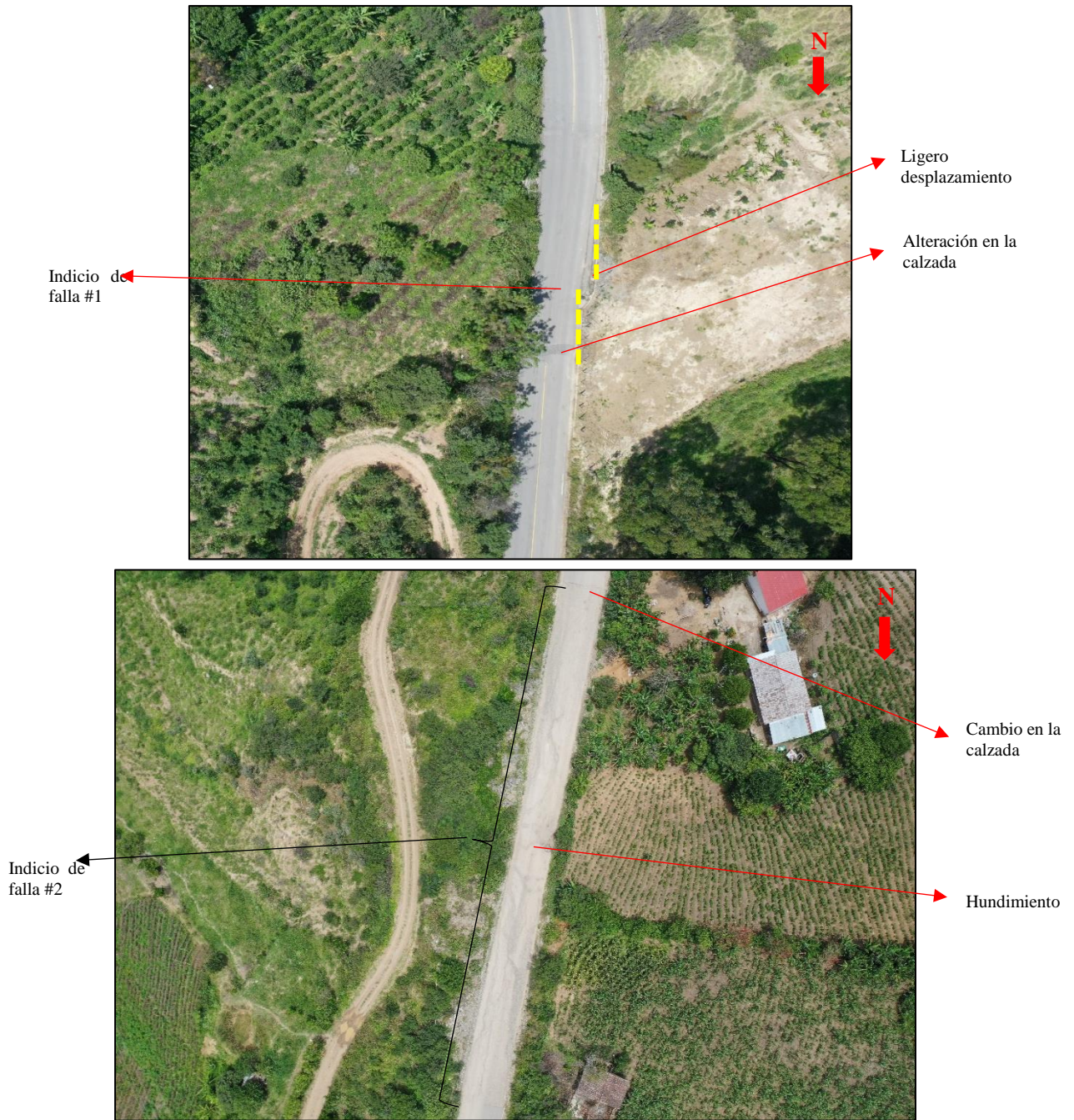


Figura: Fotointerpretación de deslizamientos.

Mediante la fotointerpretación de las fotografías aéreas obtenidas se pudo observar dos deslizamientos de tierra a lo largo de toda la zona de estudio, en el caso del deslizamiento #1 se lo identificó por la evidente falta de vegetación en el sector, ya que se aprecia una zona erosionada y a su vez por la masa desplazada avistada en las orto-fotos, haciendo mención importante a la dimensión del mismo que hace destacarlo de la topografía aledaña. Para el deslizamiento #2 se aplicó una observación más cercana y a detalle, que, a diferencia de su antecesor, éste posee mucho menos área de afectación, pero aun así se logró apreciar masa desplazada en la vía, el cual es un claro indicio de un movimiento.

Por lo tanto, a pesar de analizarlos mediante las orto-fotos, es necesario corroborarlos con visitas técnicas de campo y posterior llenar las fichas de movimientos en masa correspondientes para tener más detalles de los mismos.

Estructuras



Fotografía 27: Fotointerpretación de fallas.

En la primera fotografía aérea se puede apreciar alteraciones en la calzada de la vía, producto de un desplazamiento de los materiales en la cual está acentuada, tal evidencia brinda un precedente de que en el lugar mencionado existe una complicación estructural, a causa de una falla normal, en este sector se logra apreciar un desplazamiento con respecto a la dirección natural del suelo, además de existir un cambio y una ligera



elevación en la calzada metros más adelante, indicando una alteración. En la siguiente orto-foto se observa claramente que en todo el trayecto de la vía no existe una calzada regular uniforme, sino que hay un hundimiento acompañado de un desplazamiento del terreno, lo que indica un claro problema estructural, posiblemente una falla normal con hundimiento. A pesar de realizar una revisión a priori de estas fotografías aéreas, todos estos datos fueron comprobados a posterior al visitar los sitios correspondientes y tomar las medidas estructurales pertinentes mediante el mapeo de estructuras (Echeveste, 2018), para luego agregarlas al mapa.



Anexo 5:
Mapa de Afloramientos
(Ubicados en CD-R 2)



Anexo 6:
Mapa Geológico Regional
(Ubicados en CD-R 2)



Anexo 7:
Mapa Geológico Local
(Ubicados en CD-R 2)



Anexo 8:
Mapa Geomorfológico
(Ubicados en CD-R 2)



Anexo 9:
Mapa de Pendientes
(Ubicados en CD-R 2)



Anexo 10:
Perfiles Topográficos
(Ubicados en CD-R 2)



Anexo 11:
Mapa Topográfico
(Ubicados en CD-R 2)



Anexo 12:
Mapa Geológico Estructural
(Ubicados en CD-R 2)