UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

TEMA:

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE LA VÍA EL LIMÓN – LA BOCANA – LA VICTORIA EN EL CANTÓN MACARÁ PROVINCIA DE LOJA.

TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL.

AUTOR:

Jimmy Fabián Gaona Tacuri

DIRECTOR:

Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg. Sc.

Loja – Ecuador
2013

Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg. Sc., Director de la tesis de grado que versa: **"ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE LA VÍA EL LIMÓN – LA BOCANA – LA VICTORIA EN EL CANTÓN MACARÁ PROVINCIA DE LOJA"**

CERTIFICO:

Que el presente trabajo ha sido realizado bajo mi dirección y asesoría; por lo que, luego de haber revisado los borradores y cumplidas las sugerencias y observaciones necesarias, autorizo su presentación.

Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo Jimmy Fabián Gaona Tacuri declaro ser autor del presente trabajo 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 aplicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Autor: Jimmy Fabián Gaona Tacuri

Firma: _____

Cédula: 1104503592

Fecha: 14 de Noviembre de 2013

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo Jimmy Fabián Gaona Tacuri declaro ser el autor de la tesis titulada: "**ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE LA VÍA EL LIMÓN – LA BOCANA – LA VICTORIA EN EL CANTÓN MACARÁ 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 ésta autorización, en la ciudad de Loja, a los 14 días del mes de Noviembre del dos mil trece, firma el autor.

Firma: _____

Autor: Jimmy Fabián Gaona Tacuri

Cédula: 1104503592

Dirección: Romerillos y Eucaliptos

Correo Electrónico: jim85@hotmail.es

Teléfono: 072-103462 Celular: 0986820405-0984986089

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri. Mg. Sc.

Ing. Diego Eduardo Jara Delgado. Mg. Sc.

Ing. Walter Simón Tambo Encalada. Mg. Sc.

Agradecimiento

Muestro mi más sincero reconocimiento a las autoridades del Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables, al personal docente y administrativo de la Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial por hacer posible gracias a sus enseñanzas y actividades diarias cumplir con la meta de llegar a ser parte de la sociedad profesional de mi país.

Muy especialmente al Ing. Michael Valarezo Riofrío en calidad de Director de Tesis, persona quien me guió e impartió sus conocimientos para la correcta sistematización y elaboración del presente trabajo investigativo.

A los Docentes por brindarnos su colaboración y asesoramiento para el desarrollo del presente proyecto.

Jimmy Fabián Gaona Tacuri

DEDICATORIA

Agradezco primeramente a Dios por guiarme por el camino del bien y llenarme de fortaleza y sabiduría, a mi madre Mariana Tacuri quien me apoyo, regaló su cariño y comprensión en todo momento guiándome por el camino del bien enseñándome a ser una persona trabajadora y con buenas costumbres, a mis abuelos Lino Tacuri y Luz Ojeda quienes estuvieron siempre dándome sus consejos e implantándome buenos valores, a Manuel Luzuriaga quien a pesar de no ser mi padre me apoyo siempre, a mi hermano Juan Gaona que siempre me apoyo incondicionalmente en todo y a todos mis hermanos Verónica, Leydi, Tatiana, Andrea, Manuel y Neison quien estuvieron siempre a mi lado gracias por todo.

Jimmy Fabián Gaona Tacuri

ÍNDICE

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN 12

2. INTRODUCCIÓN 17

3. REVISIÓN LITERATURA 21

3.1. La Vialidad en el Ecuador 21
3.2. Los Estudios Geotécnicos en Vías 22
3.3. La Geología en los Estudios Geotécnicos 23
3.3.1. Aerofotogrametría 25
3.3.2. Geología 25
3.3.3. Propiedades Físico - Mecánicas 26
3.3.4. Clasificación Geomecánica de los Macizos Rocosos (Bienasky) 26
3.3.5. Geología Estructural 28
3.3.6. Hidrogeología 28
3.4. Estudio Geotécnico 29
3.4.1. Estudio de Suelos y Materiales 30
3.4.2. Muestreo del Terreno 30
3.4.3. Clasificación del Suelo por los Métodos AASTHO Y SUCS 31
3.4.4. Ensayo de Cono de Penetración Dinámico (DCP) 32
3.4.5. Ensayo C.B.R. 32
3.5. Estabilidad de Taludes 33
3.5.1. Factor de Seguridad 33
3.5.2. Método de Talud Infinito 35
3.5.3. Método de Ábacos 35
3.5.4. Rotura Planar 36

4. MATERIALES, MÉTODOS Y METODOLOGÍA 38

4.1. Materiales 38
4.2. Métodos 39
4.2.1. Metodología 39

5. RESULTADOS 50

5.1. Descripción General del Área de Estudio 50
6.1.1. Acceso 50
5.1.2. Ubicación Administrativa 51
5.1.3. Localización Geográfica 53
5.1.4. Topografía 53
5.1.5. Geología Regional 54
5.1.6. Geología Local 56
5.1.7. Geomorfología 58
5.1.8. Geología Estructural 60
5.1.9. Clima 61
5.1.10. Precipitación 62
5.1.11. Temperatura 63
5.1.12. Hidrología 64
5.1.13. Uso actual del suelo 65
5.1.14. Bosques Protectores y Áreas de Interés Ambiental. 67
5.2. Topografía a Detalle 67
5.3. Geología a Detalle del Área de Estudio 67

5.4. DETERMINACIÓN DE LA PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICO DE SUELOS 74
5.5. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO. 83
5.5.1. Descripción y Ubicación del Afloramiento 83
5.5.1.1. Resistencia de la Roca Inalterada. 84
5.5.1.2. Determinación del RQD. 86
5.6. FACTOR DE SEGURIDAD DEL TALUD INESTABLE 88

6. DISCUSIÓN. 102

7. CONCLUSIONES. 107

8. RECOMENDACIONES 109

9. BIBLIOGRAFÍA 110

10. ANEXOS 113

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. CLASIFICACIÓN GEO MECÁNICA SE BASA EN EL ÍNDICE RMR "ROCK MASS RATING" 27
CUADRO 2. NÚMERO DE MUESTRAS PARA LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL TERRENO. 40
CUADRO 3. CORRELACIÓN TABULAR ENTRE ÍNDICE DCP Y EL ÍNDICE CBR. 41
CUADRO 4. CLASIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y SUS VALORES. 42
CUADRO 5. VALORES PARA DETERMINAR EL MACIZO ROCOSO. 43
CUADRO 6. CLASES DE MACIZO ROCOSO Y EL TIEMPO DE MANTENIMIENTO. 43
CUADRO 7. CLASIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA DE ROCA INALTERADA DE DEERE Y MILLER. 85

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO. 53
TABLA 2. DESCRIPCIÓN DEL AFLORAMIENTO 1 69
TABLA 3. DESCRIPCIÓN DEL AFLORAMIENTO 2 70
TABLA 4. DESCRIPCIÓN DEL AFLORAMIENTO 3 71
TABLA 5. DESCRIPCIÓN DEL AFLORAMIENTO 4 72
TABLA 6. DESCRIPCIÓN DEL AFLORAMIENTO 5 74
TABLA 7. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE TIPOS DE MATERIAL. 75
TABLA 8. CLASIFICACIÓN Y USO DEL SUELO SEGÚN EL VALOR DEL CBR. 79
TABLA 9. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE DCP Y CBR 79
TABLA 10. RESULTADOS DEL CBR Y SU CLASIFICACIÓN CUANTITATIVA. 81
TABLA 11. DESCRIPCIÓN DEL MACIZO ROCOSO EN EL AFLORAMIENTO DE ROCA ANDESITA EN SECTOR LA VICTORIA. 83
TABLA 12. DETERMINACIÓN LA CLASIFICACIÓN RMR: ANDESITA. 87
TABLA 13. GRÁFICA DE SENSIBILIDAD DE TALUDES 96
TABLA 14. RESULTADO DE LABORATORIO DEL MATERIAL DE LAS CANTERAS. 100

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 .UBICACIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO: PI: X = 623197.01 Y = 9514756.4227 Z = 500.6142 PF: X = 634208.78 Y = 9510144.48 Z = 1510. 52
FIGURA2. PERFIL DE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL PARA EL SECTOR DE ESTUDIO.2 62
FIGURA N^0 3. PERFIL DE LA TEMPORALIDAD MEDIA MENSUAL DEL PERIODO 2001-2010 63
FIGURA 4. DATOS DEL DESLIZAMIENTO. 89
FIGURA 5. ÁBACO PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD. 90
FIGURA 6. DATOS DEL DESLIZAMIENTO. 92
FIGURA 7. GRÁFICA DE SENSIBILIDAD. 96

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA NRO1: ENTRADA A LA VÍA DE ESTUDIO. SECTOR EL LIMÓN 50
FOTOGRAFÍA N^0 2. PRINCIPALES AFLUENTES, RÍO SABIANGO. 65
FOTOGRAFÍA N^0 3. PRINCIPALES AFLUENTES, RÍO CALVAS 65
FOTOGRAFÍA N^0 4. CULTIVOS DE ARROZ Y MAÍZ. SECTOR SUR DEL ÁREA DE ESTUDIO, LA BOCANA 66
FOTOGRAFÍA N^0 5.CULTIVOS DE ARROZ SECTOR EL COCO 66
FOTOGRAFÍA N^0 6.AFLORAMIENTO 1 DE ROCA ANDESITA CON PRESENCIA DE SUELO ARENO ARCILLOSO. SECTOR EL COCO EN EL KILÓMETRO 6+500 68
FOTOGRAFÍA N^0 7. AFLORAMIENTO 2 DE SUELOS ARCILLOSOS COLOR CAFÉ AMARILLENTA CON PRESENCIA DE CLASTOS SUBREDONDEADOS DE TAMAÑOS VARIADOS (10-2CM). SECTOR EL COCO EN EL KILÓMETRO 6+500 68
FOTOGRAFÍA N^{0}8. AFLORAMIENTO DE ROCA ANDESITA CON PRESENCIA DE SUELO ARENO ARCILLOSOS.SECTOR LA BOCANA A 2KM DIRECCION AL LIMÓN KILÓMTRO 12+800 69
FOTOGRAFÍA N^{0}9. AFLORAMIENTO DE ALUVIAL CON PRESENCIA DE GRAVA, ARENA Y CANTOS REDONDEADOS, SECTOR LA BOCANA, KILÓMETRO 13 70
FOTOGRAFÍA N^{0}10. AFLORAMIENTO DE ALUVIAL Y CANTOS REDONDEADOS DE GRAN TAMAÑO CON PRESENCIA DE ARENAS, GRAVAS. EN LA QUEBRADA DEL SECTOR PALTO ALTO. 71
FOTOGRAFÍA N^{0}11. AFLORAMIENTO DE ALUVIAL CON PRECENCIAS DE CANTOS RODADOS DE GRAN TAMAÑO. EN LA QUEBRADA DEL SECTOR PALTO ALTO. 72
FOTOGRAFÍA N^{0}12. AFLORAMIENTO DE ROCA ANDESITA DE COLOR VERDE OSCURO Y PRESENCIA DE SUELO ARCILLOSO. SECTOR LA VICTORIA. 73
FOTOGRAFÍA NRO13. AFLORAMIENTO DE ROCA ANDESITA CON PRESENCIA DE FRACTURAS. SECTOR LA VICTORIA 73
FOTOGRAFÍA N^{0}14. ENSAYOS DE CAMPO Y RECOLECCIÓN DE MUESTRAS, SECTOR LA VICTORIA. 74
FOTOGRAFÍA N^0 15. AFLORAMIENTO DE ROCA ANDESITA CON PRESENCIA DE FRACTURAS. SECTOR LA VICTORIA. 84
FOTOGRAFÍA N^{0}16. DIACLASAS EN 1M^3 EN EL MACIZO. 86
FOTOGRAFÍA N^0 17. MINA RÍO SABIANGO. 97
FOTOGRAFÍA N^0 18. MINA RÍO CALVAS. 98

RESUMEN

1. RESUMEN

El presente trabajo investigativo corresponde al Estudio Geológico – Geotécnico de la vía El Limón – La Bocana – La Victoria, una vía de segundo orden con una longitud de 26 kilómetros en la cual se intervendrá con estudios geológicos, geotécnicos, ambientales y civiles que corresponde a una capa de rodadura a nivel de carpeta asfáltica.

El desarrollo de la presente investigación parte de los estudios topográficos y geológicos del sector de estudio que fueron proporcionados por el Gobierno Provincial de Loja. Inicialmente se presenta información de referencia existente así como también de aquella obtenida a través de visitas al proyecto y exploraciones de campo, dentro de lo cual se han realizado una serie de observaciones visuales, toma de muestras, tanto a lo largo de la vía como en zonas con indicios de inestabilidad, cuyos datos de laboratorio determinarán las características mecánicas del terreno, estos resultados nos permitirán suministrar información relacionada con las principales características geo-mecánicas.

El reconocimiento técnico del sitio partió de conocer los accesos viales secundarios, las vías de acceso, poblados y el área de influencia más cercana.

Utilizando cartas topográficas y geológicas regionales se comprobó las coordenadas y datos geográficos que allí constan, se realizan las determinaciones geo referenciadas del orden macro. En las visitas técnicas detalladas, se identificaron las Formaciones Geológicas y Depósitos, tomando datos de: estructuras, estratigrafías y litologías. Estos datos han permitido determinar contactos geológicos, tipo de material, roca sana y alterada, entre otras informaciones.

Paralelo al estudio geológico y geotécnico, se procesó y obtuvo gran cantidad de información existente sobre temas tales como geomorfología, clima, hidrografía, rangos

de isotermas, isoyetas y la descripción del medio biótico esto en miras a definir el mayor detalle de la investigación.

Posterior a la toma de muestras, desarrollo de ensayos y reconocimientos de parámetros de campo, se presentó un análisis de la información orientada a establecer la calidad de los materiales y presentar recomendaciones geotécnicas para el diseño y readecuación de la vía; esto se ve complementado como la presentación de medidas de estabilización y control en taludes y áreas de readecuación vial.

Por último, el presente trabajo enuncia las principales conclusiones y recomendaciones relacionadas con las condiciones del subsuelo encontradas en el sector de estudio, se establecen conclusiones de las características geotécnicas de los materiales, se establecen las valoraciones de la estabilidad del suelo por donde se ha establecido la construcción de la vía y sus variantes y se definen recomendaciones a los diseños que se tienen actualmente.

SUMMARY

This research work is for the Geological Survey - Geotechnical road Lemon - The Bocana - The Victoria, a second order via a length of 26 kilometers in which they intervene with geological, geotechnical, environmental and civil corresponds to a level surface layer of asphalt.

The development of this part of research and geological surveying sector study were provided by the Provincial Government of Loja. Initially presents reference information existing as well as that obtained through project visits and field explorations, within which there have been a series of visual observations, sampling, both along the route and in indicating instability areas whose laboratory data determine the mechanical characteristics of the ground, these results allow us to provide information related to the main geo-mechanical characteristics.

The technical survey of the site was based on knowing the side road access, access roads, villages and the nearest area of influence.

Using topographic maps and regional geological checked the coordinates and geographic data comprised therein, determinations are made of the order macro geotagged. In detailed technical visits were identified geological formations and deposits, taking data: structures, stratigraphy and lithology. These data have identified geological contacts, type of material, and altered bedrock, among other information.

Parallel to the geological and geotechnical study was processed and obtained large amount of information available on topics such as geomorphology, climate, hydrography, ranges isotherms, isohyets and description of this biotic environment in order to define the more detailed research.

After the sampling, assay development and recognition of field parameters, presented an analysis of information designed to establish the quality of materials and make recommendations for geotechnical design and retrofit of the road, and this is

supplemented as presentation and control measures in slope stabilization and road realignment areas.

Finally, this paper sets out the main findings and recommendations related to subsurface conditions encountered in the field of study, drawing conclusions from the geotechnical characteristics of the materials, establishing valuations soil stability has been established where road construction and its variants and define recommendations for designs that they currently have.

INTRODUCCIÓN

2. INTRODUCCIÓN

La escasa existencia de estudios técnicos de geología y geotecnia al momento de construir una vía en nuestro país y en especial en la zona sur y la provincia de Loja, se ha visto reflejada en el mal estado de las mismas a largo plazo; la presencia de movimientos de masa en taludes, la irregularidad de la calzada, el colapso de alcantarillas entre otros inconvenientes son efecto de una falta de previsión geológica y geotécnica en los procesos de diseño y construcción vial.

Las vías son obras de ingeniería que más requiere la información geológica desde su planeación hasta su conservación, se debe entender desde un inicio que el conocimiento geológico es provechoso ya que permite reducir los costos de construcción y conservación. Los diseños alternativos y faltos de información incurren en serios y costosos errores en el momento de la ejecución de obra.

En este contexto, los estudios geotécnicos viales tienen como propósito determinar los parámetros de comportamiento geotécnico de los materiales comprometidos (rocas-suelos), analizan las condiciones de servicio a que estos serán sometidos y predicen su comportamiento mecánico ante cargas y sobrecargas teniendo en cuenta las condiciones geológicas, hidrológicas y topográficas de un sector específico.

A todas estas problemáticas se les suma que nuestro país está considerado como geológicamente activo por que se encuentra sometido a un conjunto de riesgos geológicos provenientes de la geodinámica interna y externa en los que, los movimientos en masa son uno de los más frecuentes. Estos movimientos de masa se producen en cualquier lugar de las regiones del Ecuador y en la provincia de Loja se da con mayor frecuencia por presentar condiciones favorables como son topografía irregular, precipitaciones abundantes y expansión urbana desordenada. Para este tipo de riesgo natural es necesario el conocimiento de forma sistemática, ordenada y valorada

en el campo para poder definir zonas estables y adecuadas para asentamientos humanos y construcciones civiles (vías, puentes, túneles, muros, entre otras).

A esta temática, se le suma el crecimiento poblacional, el cual incrementa la demanda de productos agrícolas llevando a buscar terrenos para cultivo fomentando la expansión agrícola que deriva en crear y rehabilitar el sistema de vial conjunto con miras al comercio de los productos. Estos problemas han creado una actitud investigativa para buscar soluciones a los diversos problemas y alcanzar un desarrollo técnico y ordenado conjugando la producción y la expansión territorial.

Es por estas y otras razones que se ha optado por realizar un Estudio Geológico – Geotécnico de la vía en el tramo El Limón - La Bocana - La Victoria que abarca una longitud 26 Km siendo una vía de tercer orden con alta presencia de baches que no contempla el dimensionamiento ni el perfil vial adecuado. El mal estado de esta vía afecta significativamente a la población ya que es una zona de gran producción agrícola llevando con esto al atraso de las poblaciones que se benefician de esta vía que son de vital importancia para sacar sus productos para su comercialización a los diferentes puntos del país, con este estudio geológico-geotécnico se pretende eliminar estos problemas para que así los sectores involucrados puedan de desarrollarse de una manera digna.

Con el presente estudio se prevé realizar un alcance a la evaluación geotécnica del sector de estudio y detallar su interpretación gráfica sobre la base de un sistema de información geográfica (S.I.G.) que permite la generación de modelos de zonificación, así como el uso de formatos para diligenciar en campo el levantamiento de laderas y sitios inestables.

Para cumplir con estos ejes de investigación, se han definido los siguientes objetivos:

Objetivo General:

- Realizar un Estudio Geológico - Geotécnico de la vía El Limón - La Bocana - La Victoria en el cantón Macará provincia de Loja

Objetivos Específicos:

- Realizar una base topográfica y el mapeo geológico de la vía Macará - El Limón - La Bocana - La Victoria.

- Determinar las propiedades físicas - mecánicas de suelos a lo largo de la vía Macará - El Limón - La Bocana - La Victoria.

- Determinar el factor de seguridad de un talud inestable de la vía El Limón - La Bocana - La Victoria que sirva de modelo para el resto de deslizamientos.

- Identificar y evaluar de forma preliminar los posibles sitios de extracción de materiales pétreos en el área de influencia de la vía.

.

REVISIÓN DE LITERATURA

3. REVISIÓN LITERATURA

3.1. La Vialidad en el Ecuador

El desarrollo de la vialidad en el Ecuador está marcado por un lento proceso de cambio tecnológico en los últimos diez años, precedido por las oportunidades de inversión en la construcción, ampliación y mejora física de sus corredores, como telón de fondo que matiza la gestión estatal en los últimos cinco años.

Una condición de notable influencia en esta gestión, es el constante abandono de las actividades de conservación o mantenimiento, que ha significado la pérdida de perspectiva, si alguna vez la hubo, de un desarrollo sostenido que garantice constantemente altas prestaciones de la carretera para el usuario, basadas en estrategias y políticas que optimicen el empleo de los siempre escasos recursos económicos y la tecnología más eficiente en términos de administración de redes viales. Hoy en día los tipos de pavimentos que se utiliza en nuestro país son: pavimentos flexibles, pavimentos semirrígidos o semiflexibles, pavimentos rígidos y pavimentos articulados.

- **Pavimentos flexibles.** Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta de capa bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. No obstante pueden prescindirse de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra según Luis Bañón Blázquez en su libro "Manual de Carreteras 1"[1].

- **Pavimentos semi-rígidos.** Aunque este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no

[1] Bañón Blázquez, Luis; Beviá García, José F.: Manuales de Carreteras 1.

son aptos para la construcción de las capas de pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de construcción según Luis Bañón Blázquez en su libro "Manual de Carreteras 1"[2].

- **Pavimentos rígidos.** Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la sub-rasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina sub-base del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento. Este el último es el que se está utilizando en el Ecuador en las principales vías según Luis Bañón Blázquez en su libro "Manual de Carreteras 1"[3].

3.2. Los Estudios Geotécnicos en Vías

García, 2007[4] enuncia que un estudio geotécnico vial debe contener todos los datos e interpretaciones relevantes para el diseño y la fase de construcción. Estas interpretaciones se elaboran en base a ensayos de campo y de laboratorio adecuados al tipo de proyecto para el que se solicita (construcciones mayores o menores), incluyendo recomendaciones en cimientos y taludes.

En este contexto técnico se debe entender inicialmente que la geotecnia es la parte del conocimiento de ciencias físicas que tiene por objeto estudiar la interrelación y

[2]Bañón Blázquez, Luis; Beviá García, José F.: Manuales de Carreteras 1.
[3]Bañón Blázquez, Luis; Beviá García, José F.: Manuales de Carreteras 1.
[4]García Hermoso, Fernando. Geólogo. Estudios Geotécnicos para Caminos Rurales. 2007.

comportamiento de los suelos, las rocas y de la combinación de ellos con el fin de diseñar obras de ingeniería en que ellos intervengan en forma segura y económica.

Los estudios geotécnicos se basan inicialmente en el análisis e interpretación de la Geología, la cual es entendida por Tarbuck, 2004 como la ciencia que se encarga del estudio de la tierra, detallando el origen, la historia y las estructuras de la tierra, de acuerdo con su registro o datación en las rocas. Los conocimientos teóricos de la geología, combinados con la práctica y la experiencia, tienen una importante aplicación para resolver problemas que se presentan en las grandes obras de ingeniería.

La interrelación en geotécnica se basa en la mecánica de suelos y la mecánica de rocas. La Mecánica de suelos es la ciencia dedicada al estudio y comportamiento del suelo en relación con su aplicación en la Ingeniería Civil, es decir en el desarrollo constructivo. Es entendida como la aplicación de las leyes de la física al comportamiento mecánico de los suelos.

González de Vallejo, 2002 indica que la Mecánica de rocas es la ciencia que se ocupa de estudiar el comportamiento de las masas de roca bajo la acción de las fuerzas producidas, ya sean por fenómenos natural eso como resultado de excavaciones o construcciones hechas por el hombre. Para lograr este fin se requiere determinar las propiedades mecánicas del macizo rocoso, mediante ensayos de campo o de laboratorio, cuyos resultados cuantitativos son utilizados en fórmulas matemáticas, en modelos mecánicos a escala o en correlaciones empíricas que permitan evaluar las condiciones pertinentes en un problema específico[5].

3.3. La Geología en los Estudios Geotécnicos

Morgenstern recurre a la definición de Anon (1999) aparecida en la revista Ground Engineering para definir su “geotechnical engineering”, que, en función de lo expuesto anteriormente, en castellano debería traducirse como ingeniería del terreno o,

[5]González De Vallejo, M. Ferrer, L. Ortuño y C. Oteo. Ingeniería geológica. Prentice Hall. Madrid, 715 p. 2002.

convocación más internacional, como Geo-ingeniería. Anon define esta disciplina como "la aplicación de las ciencias de la Mecánica del Suelo, de la Mecánica de Rocas, de la Ingeniería Geológica y de otras disciplinas relacionadas, a la construcción en Ingeniería Civil, a las Industrias Extractivas y a la Preservación y Mejora del Medio Ambiente"[6].

Cualquier definición sobre el alcance y contenidos de una disciplina puede ser criticada, unas veces por incompleta, otras por ser demasiado precisa y probablemente excluyente. Por ello conviene añadir a esa definición una lista de los campos de actividad y las habilidades propias de la ingeniería del terreno.

En este mismo contexto de geología física, se reconoce a la fisiografía y la geomorfología como el estudio de las funciones que modelan la superficie terrestre y constituyen parte de la dinámica externa del globo terráqueo, junto con la meteorología y la oceanografía que estudian respectivamente la atmósfera y los mares. La geodinámica interna estudia la disposición de las rocas en lechos o estratos horizontales o inclinados, plegamientos o dislocaciones, la presencia de macizos graníticos o de rocas eruptivas, las coladas de lava procedentes de una erupción volcánica[7]. Estos conocimientos de materiales naturales, sus características, origen y modos de ocurrencia permitirán entregar la primera evaluación del sector de estudio y de su grado de riesgo-vulnerabilidad.

El objetivo general del levantamiento geológico es el desarrollo de un mapa geológico que explique las condiciones y procesos geológicos de la forma más acertada posible. En un mapa geológico se representan las características geológicas de un región (una parte de la superficie terrestre) a una determinada escala utilizando una proyección determinada y una superficie de referencia que normalmente es un plano[8].

El levantamiento comprende todas las operaciones que se realizan, aplicando métodos y técnicas para efectuar mediciones que permitan definir las posiciones de puntos característicos del terreno para representarlos en un mapa. Si el levantamiento tiene por objeto representar el relieve de una región, se trata de un levantamiento topográfico. En

[6]Gudayol. Geotecnia para Ingeniería Civil y Arquitectura, 2004.
[7]Universidad Autónoma "Gabriel René Moreno". Fundamentos de Geología. 2007.
[8] Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Levantamiento y Carteo Geológico. 2004.

cambio sí se obtienen las posiciones de puntos que sirven para representar las características geológicas, litológicas y génesis de rocas de una región, es un levantamiento geológico.

El levantamiento geológico incluye las tareas de toma de información geológica en cada uno de los puntos de referencia; así como la determinación de las áreas más favorables de muestreo.

3.3.1. Aerofotogrametría

El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2005[9], indica que la interpretación de las fotografías aéreas está probado que es uno de los sistemas más efectivos para el reconocimiento y demarcación de movimientos en masa. Ninguna otra técnica ofrece una vista tridimensional, se estiman precisiones de más del 95% en la identificación de movimientos en masa en los mapas a escala 1: 5 000. La escala en muy importante y la mayoría de las fotografías antiguas se encuentran en escalas que no permiten la identificación precisa de movimientos en masa. Sin embargo, el análisis de fotografías tomadas, 5,10 o 50 años antes, puede ofrecer información muy importante para el diagnóstico de los problemas actuales al compararlas con fotografías más recientes. Para el análisis de las fotografías aéreas se pueden seguir los siguientes lineamientos: a) Expresión topográfica, b) Sistema de drenaje y erosión y c) Tonalidad del suelo.

3.3.2. Geología

La geología especifica las características y propiedades de las rocas, litologías y estratificaciones. La formación geológica determina la presencia de materiales duros o de baja resistencia y las discontinuidades pueden facilitar la ocurrencia de movimientos a lo largo de ciertos planos de debilidad. Los elementos geológicos principales a estudiar son los siguientes:

[9]Guía para la Interpretación de Cartografía Fotografía Aérea, México. 2005.

- Formación Geológica
- Estructura y discontinuidades
- Meteorización

3.3.3. Propiedades Físico - Mecánicas

Deere 1976[10], en su texto original indica que la mecánica de rocas es la ciencia teórica y aplicada que trata del comportamiento mecánico de las rocas; es la rama de la Mecánica que estudia la reacción de las rocas a los campos de fuerza de su entorno físico; en este contexto se deben analizar inicialmente las propiedades Físicas de las mismas, ya que son las que controlan las características resistentes y deformaciones de la matriz rocosa, y son el resultado de la génesis, condiciones y procesos geológicos y tectónicos sufridos por las rocas a lo largo de su historia.

En cambio a las propiedades mecánicas se las describe como aquellas propiedades que tienen la finalidad de conocer y predecir el comportamiento de los materiales rocosos ante la actuación de fuerzas internas y externas que se ejercen sobre ellos. Entre ellas tenemos la deformidad, resistencia y permeabilidad.

3.3.4. Clasificación Geomecánica de los Macizos Rocosos (Bienasky)

Existen varios métodos para la clasificación del macizo rocoso, para la ejecución de este proyecto se utiliza el de Bienasky.

Esta clasificación Geo mecánica se basa en el índice RMR “Rock Mass Rating” que da una estimación de la calidad del macizo rocoso, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Resistencia Compresiva de la roca
- Índice de la Calidad de la Roca - RQD
- Espaciamiento de Juntas

[10]Deere U. Donald, Titulados provisionalmente, Engineering Geology (Geología aplicada a la Ingeniería) y Rock Mechantes (Mecánica de las Rocas). Cita reproducida con la autorización de Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, EE. UU.

- Condición de Juntas
- Presencia de Agua
- Corrección por orientación

Estos factores se cuantifican mediante una serie de parámetros definiéndose unos valores para dichos parámetros, cuya suma, en cada caso nos da el índice de Calidad del RMR que varía entre 0 – 100%[11](Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación Geo mecánica se basa en el índice RMR "Rock Mass Rating"

VALOR TOTAL DEL RMR	**81 A 100**	**61 A 80**	**41 A 60**	**20 A 40**	**< 20**
CLASE NUMERO	I	II	III	IV	V
DESCRIPCIÓN	MUY BUENO	BUENO	MEDIO	MALO	MUY MALO

Fuente. Webster, S. L., Grau, R. H., and Williams.T. P.

La clasificación relaciona como muy bueno cuando la roca tiene un valor 81 a 100 y muy malo cuando tiene un valor de < 20.

Los objetivos de esta clasificación son:

- Determinar y/o estimar la calidad del macizo rocoso.
- Dividir el macizo rocoso en grupos de conducta análoga.
- Proporcionar una buena base de entendimiento de las características del macizo rocoso.
- Facilitar la planificación y el diseño de estructuras en roca, proporcionando datos cuantitativos necesarios para la solución real de los problemas de ingeniería.

[11]Rodríguez, Miguel Ángel. Geomecánica Minera, Intercade Consultant. 2002.

3.3.5. Geología Estructural

Grover Rojas, 2011[12], describe a la Geología Estructural como la rama de la geología que se dedica a estudiar la corteza terrestre, sus estructuras y la relación de las rocas que las forman. Estudia la geometría de las rocas y la posición en que aparecen en superficie. Interpreta y entiende la arquitectura de la corteza terrestre y su relación espacial, determinando las deformaciones que presenta y la geometría subsuperficial de las estructuras rocosas.

El estudio de la Geología Estructural en el presente trabajo debe resolver esencialmente problemas acerca de la identificación de las estructuras, su génesis y desarrollo, para lo cual el geólogo estructural debe efectuar trabajos tanto de gabinete como de campo; los trabajos de gabinete consisten en el uso adecuado de mapas topográficos, mapas geológicos, fotografías aéreas, entre otros, con la finalidad de elaborar el mapa base. Los trabajos de campo consisten en cambio en la acumulación de datos y hechos significativos en cada afloramiento, el registro de datos pertinentes a su problema dependerá de la pericia y criterio con que realice su trabajo, ya que lo ideal sería que no visite el afloramiento por segunda vez, en particular en áreas de muy difícil acceso.
En el presente sector de estudio se evidencian fallas en el sector Vega Maza paralelas a una quebrada sin nombre con una rumbo de 70 grados nor-este, hacia el sur-este del barrio Vega Maza existen fallas inferidas así como también existe diaclasamiento en varias direcciones de la roca a lo largo de la mayoría de la vía de estudio.

3.3.6. Hidrogeología

La hidrogeología es una rama de las ciencias geológicas (dentro de la Geodinámica Externa), que estudia las aguas subterráneas en lo relacionado con su circulación, sus condicionamientos geológicos y su captación, así su definición dice «La hidrogeología es la ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, las formas de yacimiento, su difusión, movimiento, régimen y reservas, su interacción con los

[12]Rojas, G. Geología Estructural. 2011.

suelos y rocas, su estado (líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas); así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación[13].

El análisis y manejo de las condiciones hidrogeológicas es uno de los aspectos más importantes para la construcción de taludes en vías, más aún cuando el sector contempla vertientes y micro cuencas. El efecto de las aguas del macizo influye en:

- Metodología constructiva
- Necesidades de soporte
- Velocidad y seguridad de excavación
- Elementos de impermeabilización temporal o definitiva
- Dinámica de las aguas subterráneas y superficiales durante la construcción y operación.

Una de las formas de conocer mejor y manejar las aguas subterráneas es determinación por sondajes.

3.4. Estudio Geotécnico

César Sagaseta, 2010, establece que la ingeniería geotécnica es la rama de la ingeniería geológica que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la Tierra[14]. Un estudio geotécnico es importante porque se investiga el suelo y las rocas por debajo de la superficie, para determinar sus propiedades y diseñar las cimentaciones para estructuras tales como, vías, edificios, puentes, estabilizar taludes.

Además de entender los principios de la mecánica es de especial importancia conocer las condiciones bajo las cuales determinados materiales fueron creados o depositados y los posteriores procesos estructurales o biogenéticos que han sufrido. Se reconoce en

[13]Mijailov, L.. Hidrogeología. Editorial Mir. Moscú, Rusia. 285 p. 1985.
[14] Sagaseta, C., Introducción a la Geotecnia: Tipos y Propiedades de los suelos. 2010.

geotecnia datos referidos a la dureza, plasticidad, humedad entre otras propiedades con el fin de determinar las condiciones en se encuentras los materiales.

3.4.1. Estudio de Suelos y Materiales

El estudio de suelos es el proceso de identificar los estratos de depósitos que subyacen a una estructura propuesta y sus características físicas se denominan generalmente exploración del subsuelo, cuyo propósito es obtener información que ayude al ingeniero al ingeniero en geotecnia en las siguientes tareas[15]:

- Seleccionar el tipo y profundidad de una cimentación adecuada para una estructura dada y evaluar la capacidad de carga de la cimentación
- Determinar problemas potenciales de la cimentación (por ejemplo, suelo expansivo, suelo colapsable, rellenos sanitario, vías, entre otros)
- Establecer métodos de construcción para condiciones cambiantes del subsuelo.

3.4.2. Muestreo del Terreno

Es la fase de investigación del sitio del programa de exploración consiste en planear, hacer barrenos, calicatas, pocillos y más y recolectar muestras de suelo a intervalos deseados para observaciones y pruebas de laboratorio subsecuentes. [16]

Los ensayos y estudio de las muestras se las realizan de acuerdo al trabajo que se vaya a realizar, los cuales enuncia a continuación:

- Humedad Natural del Suelo, permite determinar la cantidad de agua que posee un suelo.
- Granulometría del Suelo, se determina el tamaño de los grano del suelo.
- Límite de consistencia del Suelo, permite determinar:
    - Límite líquido, es el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra.

[15]Branja; M. Das. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, California State University, Sacramento
[16]Branja; M. Das: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, California State University, Sacramento

- Límite plástico, suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico.
- Índice de plasticidad, es la diferencia numérica entre los límites líquidos y plásticos.

- Peso Específico, es la relación entre el peso de la muestra y el volumen de la muestra.
- Compactación, es la eliminación total o parcial de los vacíos del terreno mediante procesos mecánicos.
- Resistencia Cortante del Suelo, se lo obtiene determinando el ángulo de fricción interna de un material.

3.4.3. Clasificación del Suelo por los Métodos AASTHO Y SUCS

La clasificación AASTHO describe y regula el procedimiento para la clasificación de suelos y agregados para la construcción de carreteras. Esta clasificación establece 7 grupos de suelos y agregados con base en la determinación en el laboratorio de la granulometría, el límite líquido y el límite plástico, un octavo grupo corresponde a los suelos orgánicos. Esta clasificación puede ser utilizada cuando se requiere una clasificación geotécnica precisa, especialmente para la construcción de obras viales. La evaluación de los suelos dentro de cada grupo se hace por medio de un índice de grupo, que es un valor calculado a partir de una fórmula empírica.

La clasificación de grupo incluyendo el índice de grupo, es útil en la determinación de la calidad relativa del suelo para su utilización en estructuras de tierra, particularmente en terraplenes, subrasantes, sub-bases y bases. El diseño detallado de estructuras importantes normalmente requiere datos adicionales relacionados con la resistencia o las características de funcionamiento en las condiciones de campo, que no puedan ser inferidas de la sola clasificación de los suelos.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) tiene por objetivo proveer una clasificación cualitativa de los suelos de origen mineral u orgánico-mineral con fines ingenieriles, a partir de ensayos de laboratorio que determinan sus propiedades

granulométricas y de plasticidad. Dicho sistema no clasifica cuantitativamente a los suelos, razón por la cual, no debe ser utilizado para la determinación de propiedades ingenieriles (resistencia al corte) ni para la estimación del comportamiento carga vs deformación del suelo o del sistema suelo-estructura.

3.4.4. Ensayo de Cono de Penetración Dinámico (DCP)

El Cono de Penetración Dinámico DCP (Dynamic Cone Penetrometer) es un instrumento diseñado para medir in situ las propiedades de las capas del suelo que constituyen la estructura de un pavimento, de una manera no destructiva, rápida y económica.

El instrumento DCP mide la penetración por golpe en un pavimento a través de la totalidad de sus capas bajo carga constante. Esta penetración es función de la resistencia de corte in situ. El perfil de penetración obtenido, no sólo da una indicación de las propiedades de los materiales sino que también permite conocer el valor del CBR in situ y del Módulo Efectivo de cada una de las capas que conforman la estructura del pavimento.

Dentro de las bondades que presenta esta metodología se puede mencionar tanto la rapidez de la exploración como también el mejor conocimiento de las capas del suelo y su capacidad estructural, con lo cual, se puede realizar un seguimiento del comportamiento estructural e influencia de las solicitaciones, y de esta manera no sólo se puede evaluar el comportamiento de los pavimentos existentes sino que además, identificar tramos homogéneos con características similares en la etapa de diseño.

3.4.5. Ensayo C.B.R.

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del

Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para sub−rasante, sub−base y base de pavimentos.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material chancado. Permite determinar el tipo de cimentación que se tiene que realizar en dichos materiales para los diferentes tipos de obras ingenieriles.

3.5. Estabilidad de Taludes

El análisis de estabilidad de taludes no es tarea fácil. La evaluación de variables tales como la estratificación del suelo y sus parámetros de resistencia cortante resulta una tarea formidable. La filtración a través del talud y la selección de una superficie de deslizamiento potencial se agregan a la complejidad del problema.

3.5.1. Factor de Seguridad

El Factor de Seguridad (introducido tal vez por primera vez por Rankine en1858) es empleado por los Ingenieros para conocer cuál es el factor de amenaza de que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña. Fellenius (1927) presentó el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla. El concepto de Factor de Seguridad nace de la necesidad tanto de proveer seguridad a las obras y elementos diseñados y construidos, como de optimizar los mismos. (González, 1974, 1992, 1999, 2006).

En geotecnia, el riesgo de colapso de un talud se mide en términos del llamado coeficiente de seguridad Fs, que es la relación entre el conjunto de los esfuerzos resistentes o estabilizadores y los desestabilizadores que provocan la rotura del talud. La relación de un factor Fs mayor implica una disminución del riesgo, pero supone en general taludes más acostados o tendidos. El valor Fs=1 señala la frontera en la cual un talud eso deja de ser estable. La necesidad de utilizar valores de Fs > 1 surge como consecuencia de los siguientes factores[17]:

- Posible existencia de características geológicas y estructurales del talud, que no han sido detectadas en el estudio geotécnico
- Los posibles errores en los ensayos para caracterizar al macizo
- La heterogeneidad y anisotropía presente en el macizo
- La determinación y variabilidad de las presiones de agua en el talud
- Los errores derivados de las supuestas superficies de rotura utilizadas
- Los errores en los cálculos

Los valores que se adoptan en la práctica varían en función de las consecuencias que resultaran de su colapso, y del nivel de confianza en los datos utilizados. La experiencia internacional, que se obtiene teniendo en cuenta las considerables implicaciones económicas, en la selección de un coeficiente de seguridad se describen:

- Talud teórico estable Fs.= 1.
- Fs. próximo a 1,3 puede ser adecuado para taludes temporales,
- Fs. practico de 1,5 a 1,6,
- Se debe recordar que todos los taludes consideran medidas adicionales de estabilización y control.

Una vez analizado el método de rotura de un talud, el siguiente paso es cuantificarlo, de forma que podamos hacernos una idea de cómo deberán diseñarse los taludes de desmonte y terraplén par que estos sean estables.

[17]Watson Quesada, Roberto. Geotecnia aplicada. ISMM Moa – Cuba.2005.

Para efectuar este análisis cuantitativo existen diversos métodos de cálculo, la mayoría de ellos de origen semi-empírico, que tratan de relacionar las características del suelo con las solicitaciones a las que estos se ven sometidos. De entre ellos, destaca por su simplicidad, racionalidad y validez didáctica el método de Fellenius, posteriormente tabulado por Taylor.

3.5.2. Método de Talud Infinito

Suarez, 2099 indica que en deslizamientos de gran magnitud la mayor parte de la masa deslizada se mueve aproximadamente en forma paralela a la superficie del terreno. La naturaleza del movimiento está controlada por algún elemento geológico como una capa de roca o una capa de materiales poco resistentes. Si la longitud relativa del deslizamiento es muy grande en relación con su espesor, la contribución de la resistencia en la cabeza y el pie del deslizamiento, es menor comparada con la resistencia del resto de la superficie de falla.[18]

Las suposiciones del método del talud infinito son las siguientes: suelo isotrópico y homogéneo, talud infinitamente largo y superficie de falla paralela al talud.

3.5.3. Método de Ábacos

La estabilidad de taludes puede analizarse rápidamente mediante la utilización de ábacos. Aunque los ábacos suponen taludes simples y condiciones uniformes del suelo, se pueden utilizar para obtener respuestas aproximadas para problemas más complejos si los taludes irregulares se modelan con taludes más simples y se utilizan valores promedio de peso unitario, cohesión y ángulo de fricción.

Los ábacos de Hoek y Bray (1977) proporcionan un límite inferior del factor de seguridad, asumiendo que las tensiones normales en la superficie de deslizamiento se concentran en un solo punto.

[18] Suárez Díaz, Jaime. Deslizamientos. Volumen 1: Análisis Geotécnico.2009.

3.5.4. Rotura Planar

Herrera, 2000 indica que la rotura planar es la más sencilla de las formas de rotura posibles y se produce cuando existe una fracturación dominante en la roca y convenientemente orientada respecto al talud. Frecuentemente se trata de fallas que interceptan al talud.

También puede producirse en terrenos granulares en los que, entre dos terrenos de buenas características resistentes, se intercala un estrato de poco espesor de material con menos resistencia.
Este tipo de rotura no es muy frecuente, ya que deben darse las dos condiciones siguientes:

- Los rumbos o trazas horizontales del plano del talud y del plano de deslizamiento deben ser paralelos o casi paralelos, formando entre sí un ángulo máximo de 20º.
- Los límites laterales de la masa deslizante han de producir una resistencia al deslizamiento despreciable[19].

[19]Herrera Rodríguez, Fernando. Geotecnia. Geólogo - Master en Ingeniería Geológica, U.C.M.2000.

MATERIALES Y METODOLOGÍA

4. MATERIALES, MÉTODOS Y METODOLOGÍA

El presente proyecto de tesis se realiza mediante una fase de campo y una fase de gabinete y en cada una de ellas con diferentes materiales que sirvan para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

4.1. Materiales

Para la elaboración del proyecto se utilizan los siguientes equipos:

Materiales de Campo

- Estación Total
- GPS Garmin 60
- Martillo Geológico
- Brújula Brunton
- Clinómetro
- Pala manual
- Barreno
- SIG (ArcGis; 9.3)
- Cartas Topográficas de Macará Escala 1:50 000
- Carta Geológica de Macará Escala 1:100 000
- Cámara Fotográfica
- Libreta de Campo

Materiales de Oficina

- Computador
- Software (AutoCAD 2008, ArcGis 9.3)
- Implementos de oficina
- Impresora
- Plotter

- Interpretación y cálculo de los análisis geotécnicos obtenidos del campo y laboratorio detallado a continuación:

  - Ensayo de contenidos de humedad.
  - Ensayos de peso específico.
  - Análisis granulométrico.
  - Límites de Atterberg.
  - Clasificación de suelos según la AASHTO y SUCS.
  - Ensayos de compactación.
  - Ensayo C. B. R.
  - Ensayo D.C.P.

4.2. Métodos

Los métodos que se emplearan en el presente proyecto, es descriptiva-analítica, síntesis e interpretativo que permitirán interpretar y analizar el tiempo y espacio físico geográfico del objeto analizado.

La aplicación de estos métodos cobra importancia al ser un conjunto ordenado de procedimientos orientados a la recolección de datos los mismos que nos permitirá responder a las interrogantes y dar solución al presente proyecto.

4.2.1. Metodología

Metodología para el Primer Objetivo

- Realizar una base topográfica y el mapeo geológico de la vía Macará - El Limón - La Bocana - La Victoria.

El cumplimiento de este objetivo involucra realizar un levantamiento topográfico detallado con la utilización de la Estación Total, posterior a esto los datos obtenidos son procesados en la oficina para generar el mapa base utilizando el software AutoCAD 2011, ArcGIS9.3 y trabajando con el Datum WGS 84 17 S.

Para el levantamiento geológico se utiliza un mapa base para dibujar los afloramientos que se observan y describen a lo largo de la vía a ser estudiada, se describirán los afloramientos de roca, medición de sus parámetros estructurales considerando las relaciones litológicas del sector.

Como refuerzo se tomó como información adicional la carta Geológica de Macará a escala 1:100 000, la misma que sirve como corroboración de la información geológica obtenida en el campo, estos datos se los ingresará al mapa topográfico que sirve como base para realizar el mapa geológico.

Metodología para el Segundo Objetivo

- Determinar las propiedades físicas –mecánicas de suelos a lo largo de la vía Macará - El Limón - La bocana – La Victoria.

Para la determinación de las propiedades físico – mecánicas del suelo se realiza ensayos en 26 Km. de vía que abarca el proyecto los mismos que son mecánica de suelos, el ensayo CBR que se lo realizará cada 2000 metros, se toma un total de13 muestras, mientras que el ensayo DCP se lo realizará cada 500 metros tomando un total de 52 muestras a lo largo de la vía.

Cuadro 2. Número de Muestras para las propiedades Físico-Mecánicas del Terreno.

ENSAYO	DISTANCIA DE MUESTREO	NÚMERO DE MUESTRAS
Contenido de humedad	500 metros	52 muestras
Peso específico		
Análisis Granulométrico		
Límite de Atterberg		
Clasificación según la AASHTO y SUCS		
Compactación		
Ensayo DCP		
Ensayo CBR	2000 metros	13 muestras

Fuente. El Autor.

El ensayo DCP se lo realiza introduciendo la punta del DCP en el suelo, levantando el mazo deslizante que pesa 8Kg, hasta la empuñadura y soltándolo luego. Se mide la penetración total alcanzada para un determinado número de golpes y se anota en mm/golpe, una medida que luego se utiliza para estimar el CBR in situ en base al siguiente cuadro de correlación.

Cuadro 3. Correlación Tabular entre índice DCP y el índice CBR.

ÍNDICE DCP mm/golpe	CBR %	ÍNDICE DCP mm/golpe	CBR %	ÍNDICE DCP mm/golpe	CBR %
<3	100	39	4.8	69-71	2.5
3	80	40	4.7	72-74	2.4
4	60	41	4.6	75-77	2.3
5	50	42	4.4	78-80	2.2
6	40	43	4.3	81-83	2.1
7	35	44	4.2	84-87	2.0
8	30	45	4.1	88-91	1.9
9	25	46	4.0	92-96	1.8
10-11	20	47	3.9	97-101	1.7
12	18	48	3.8	102-107	1.6
13	16	49-50	3.7	108-114	1.5
14	15	51	3.6	115-121	1.4
15	14	52	3.5	122-130	1.3
16	13	53-54	3.4	131-140	1.2
17	12	55	3.3	141-152	1.1
18-19	11	56-57	3.2	153-166	1.0
20-21	10	58	3.1	166-183	0.9
22-23	9	59-60	3.0	184-205	0.8
24-26	8	61-62	2.9	206-233	0.7
27-29	7	63-64	2.8	234-271	0.6
30-34	6	65-66	2.7	272-324	0.5
35-38	5	67-68	2.6	>324	<0.5

Fuente. Webster, S. L., Grau, R. H., and Williams. T. P., "Description and Application of Dual Mass Dynamic Cone Penetrometer," report GL-92-3, Departament of the Army, Washington DC, May 1992, p. 19.

Además se caracteriza el macizo rocoso utilizando la Guía para la Caracterización del Macizo Rocoso. **(*Ver Anexo 14*).** Y la clasificación Geo-mecánica de Bienasky.

La caracterización del macizo se lo realiza de la siguiente manera:

Para cumplir con estos requisitos, Bieniawski propuso originalmente que su "Clasificación geomecánica "comprendiera los siguientes parámetros: RQD (Índice de calidad de la roca), Grado de meteorización, Resistencia a la compresión uniaxial de la roca inalterada, Distancia entre sí de fisuras y estratificación, Orientación del rumbo y el buzamiento (echado), Separación de las fisuras (entre grietas), Continuidad de las fisuras, Infiltración de aguas subterráneas.[20]Con la obtención de estos datos se clasifica los parámetros y sus valores utilizando la siguiente tabla:

Cuadro 4. Clasificación de los parámetros y sus valores.

Parámetros		ESCALA DE VALORES						
Resistencia de la roca intacta	Carga Puntual A Compresión Simple	80 kg/cm²	40-80 kg/cm²	20-40 kg/cm²	10-20 kg/cm²	10 kg/cm²		
		2000 Kg/cm²	1000 - 2000 Kg/cm²	500 - 1000 Kg/cm²	250 - 500 kg/cm²	100-250 kg/cm²	30-100 kg/cm²	10-30 Kg/cm²
VALOR		15	12	7	4	2	1	0
R. Q.D.		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	25%		
VALOR		20	17	13	8	3		
Espaciado de Juntas		3 m	1 - 3 m	0.3 - 1 m	50-300 mm	50 mm		
VALOR		30	25	20	10	5		
Condición de Juntas		Muy rugosas sin continuidad cerradas, Paredes de roca dura	Ligeramente rugosa < 1 mm. de separación Paredes de roca dura	Ligeramente rugosa < 1 mm. de separación Paredes de roca suave	Espejo de falla o relleno de espesor < 5mm ó abiertos 1-5mm FisurasContinuas	relleno blando de espesor < 5mm. ó abiertas <5 mm. fisuras continuas		
VALOR		25	20	12	6	0		
Aguas Subterráneas	Cant. Infiltracion 10 m. de túnel	Ninguna		25 litros/min	25-125 litros/min	>125 litros/min.		
	Presión de agua Esfuer. principal	Cero		0.0-0.2	0.2-0.5	0.5		
	Situación General	Totalmente Seco		Solo húmedo agua insterst.	Ligera presión de agua	Serios problemas de agua		
VALOR		10		7	4	0		

Fuente. Webster, S. L., Grau, R. H., and Williams. T. P., "Description and Application of Dual Mass Dynamic Cone Penetrometer," report GL-92-3, Departament of the Army, Washington DC, May 1992.

[20] González de Vallejo, Luis. Ingeniería Geológica. Pearson. Prentice Hall. Madrid – España. Página 261.2006.

Obteniendo los resultados podremos determinar el valor del macizo **(Cuadro 4).**

Cuadro 5. Valores para determinar el macizo rocoso.

Valor total del RMR	**81-100**	**61-80**	**41-60**	**21-40**	**<20**
Clase por Número	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy bueno	Bueno	Medio	Malo	Muy malo

Fuente. Webster, S. L., Grau, R. H., and Williams.T. P**.**

Finalmente se determina el significado de la clase de macizo rocoso mediante la utilización del cuadro de clases de Macizo rocoso **(Cuadro 5).**

Cuadro 6. Clases de macizo rocoso y el tiempo de mantenimiento.

Clase por número	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**
Tiempo de mantenimiento	10 años para 5 m	6 meses para 4 m	1 semana para 3 m	5 horas para 1.5 m	10 min. para 0.5 m
Cohesión	>3 Kg/cm^2	2-3 Kg/cm^2	1.5-2 Kg/cm^2	1-1.5 Kg/cm^2	<1 Kg/cm^2
Ángulo de fricción	$>45^0$	40^0-45^0	30^0-40^0	30^0-35^0	$<30^0$

Fuente. Webster, S. L., Grau, R. H., and Williams, .T. P.

Metodología para el Tercer Objetivo

- Determinar el Factor de Seguridad de taludes inestable de la vía El Limón - La Bocana - La Victoria que sirva de modelo para el resto de deslizamientos.

Se procede a recorrer cada uno de los movimientos existentes en la vía una vez identificados estos movimientos se procede a tomar el más representativo tomado en cuenta su longitud y área.

1) Método de Talud Infinito

En estas condiciones, el mismo autor indica, que es factible aplicar el método de talud infinito ya que es un sistema muy rápido y sencillo para determinar el factor de seguridad de un talud, suponiendo un talud largo con una capa delgada de suelo, en el cual, cualquier tamaño de columna de suelo es representativo de todo el talud **(Figura 1).**

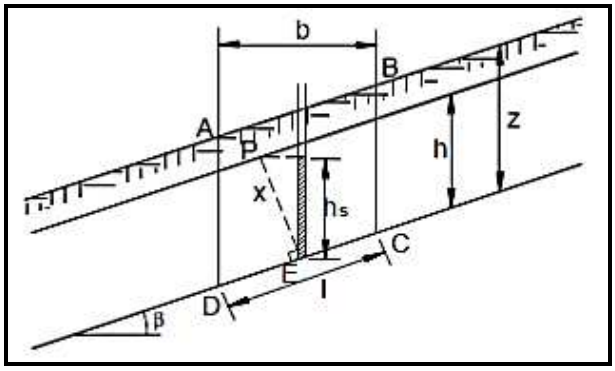


Figura 1. Diagrama de análisis, método del talud infinito. (Cornforth, 2005).
Fuente. Suárez Díaz, Jaime. 2009. DESLIZAMIENTOS. Volumen 1: Análisis Geotécnico. Pág. 146

Para un talud uniforme y relativamente largo, en el cual el mecanismo de falla esperado no es muy profundo, los efectos de borde son despreciables y el factor de seguridad puede calcularse (para un talud infinito) a partir de una unidad de área con base en

criterios de resistencia. Analizando el elemento de la figura 1yrealizando una igualdad de fuerzas resistentes y actuantes, se obtiene la siguiente expresión:

$$Fs = \frac{c^{\prime}(\gamma z - \gamma w h)\cos^2\beta \tan g\theta'}{\gamma z\ sen\beta \cos\beta}$$

$$Fs = \frac{tang\theta}{tang\beta}$$

Dónde:

z.- Altura de la masa deslizante (metros)

h.- Altura del agua subterránea medida durante el movimiento (metros)

B.- Ángulo de inclinación con la horizontal (grados)

γ.- Peso específico del suelo (KN/m3)

Φ.- Ángulo de fricción (grados)

c´.- Cohesión (KN/m2).

2) Roturas Planares

En el análisis en taludes y/o laderas en roca se analiza esencialmente la rotura planar**.** Estas roturas planar o plana a aquella en la que el deslizamiento se produce a través de una única superficie plana. Es la más sencilla de las formas de rotura posibles y se produce cuando existe una fracturación dominante en la roca y convenientemente orientada respecto al talud. Frecuentemente se trata de fallas que interceptan al talud[21].

Estas roturas en nuestro medio pueden considerar dos variantes: a) terrenos granulares en los que, entre dos terrenos de buenas características resistentes, se intercala un estrato de poco espesor de material con menos resistencia y b) cuando los rumbos o trazas horizontales del plano del talud y del plano de deslizamiento deben ser paralelos o casi paralelos, formando entre sí un ángulo máximo de 20º.

[21] Herrera Rodríguez, Fernando. Análisis de Estabilidad de Taludes. Geotecnia. 2000.

En el caso de rotura planar el factor de seguridad FS se obtiene de forma directa como cociente entre las fuerzas que tienden a producir el movimiento y las fuerzas resistentes del terreno que se oponen al mismo, proyectadas todas según la dirección del plano de rotura. Al calcular FS de esta manera, se supone implícitamente constante a lo largo de toda la superficie de rotura, lo cual se acepta a pesar de no ser estrictamente cierto.

En el caso más general, se considera que el plano de deslizamiento se encuentra limitado en su parte superior por una grieta de tracción, que se puede suponer plana, total o parcialmente llena de agua. En el plano de rotura aparecen unas presiones intersticiales que dependen de la situación de la línea de saturación y de las características del terreno. En este caso el factor de seguridad es:

$$FS = \frac{c' * A + (W.\cos\psi p - U - V * sen\ \psi p) * \tan\psi p}{W * sen\psi p + V * \cos\psi p}$$

$$A = \frac{H - Z}{sen\ \psi p}$$

$$U = \frac{1}{2}\gamma w * Zw\left(\frac{H - Z}{Sen\ \psi p}\right)$$

$$V = \frac{1}{2} * \gamma w * Zw^2$$

$$W = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * \left[\frac{1 - \left(\frac{z}{H}\right)^2}{\tan\psi p} - \frac{1}{tang\ \psi t}\right]$$

Dónde:

c’ = cohesión efectiva en la superficie de deslizamiento.

f = ángulo de rozamiento interno efectivo en la superficie de deslizamiento.

A = área de la superficie de deslizamiento, supuesta de ancho unidad.

W = peso de la masa deslizante, supuesta de ancho unidad.

*Y*p = ángulo que forma el plano de deslizamiento con la horizontal.

U = resultante de las presiones intersticiales que actúan sobre el plano de deslizamiento.

d = ángulo que forma la grieta de tracción con la vertical.

V = resultante de las presiones intersticiales que actúan sobre la grieta de tracción.

g = aceleración de la gravedad.

3) Método de Ábacos

Para determinar el factor de seguridad se utilizará el método de ábacos de Hoek y Bray (1977). En la construcción de los ábacos tendrán en cuenta diferentes condiciones de presiones intersticiales debidas a la presencia de un nivel freático en el terreno, que divide el talud en una zona seca y otra saturada. Se cuenta con 5 ábacos, dos de ellos para talud totalmente seco y totalmente saturado y 3 para casos intermedios.

Se utilizarán las siguientes ecuaciones para determinar el FS

$$\mathbf{R1} = \frac{\mathbf{C'}}{\gamma \times \mathbf{H} \times \mathbf{Tan\emptyset}} \qquad (1)$$

$$\mathbf{y} = \frac{\mathbf{Tan\emptyset}}{\mathbf{Fs}} \qquad (2)$$

$$\mathbf{x} = \frac{\mathbf{C'}}{\gamma \times \mathbf{H} \times \mathbf{Fs}} \qquad (3)$$

Dónde:

$\boldsymbol{R1}$= Resultante

$\boldsymbol{C'}$= Cohesión del material

$\boldsymbol{\gamma}$= Densidad

$\boldsymbol{H}$= Altura de talud

$\emptyset$= Ángulo de reposo interno

$\boldsymbol{Fs}$ = Factor de Seguridad.

Estimación del Factor de Seguridad:

1. Se determina el valor de la resultante R1, el cual se obtiene desarrollando la ecuación número (1) que anteriormente se describe.
2. Seguidamente se representa la resultante en la gráfica de ábacos, para establecer el ábaco apropiado se toma en consideración las características de humedad que presenta el talud.

3. Después se determina el valor de X y Y, estos valores se los obtiene en la gráfica del ábaco, tomando en consideración la resultante R1 cuando corta el semicírculo que indica el ángulo de trabajo (ψ), luego se proyecta los ejes X y Y, para obtener sus valores.
4. Finalmente se estima matemáticamente el valor del factor de seguridad, este se obtiene despejando Fs de las ecuaciones (2) y (3) que se describen anteriormente, para verificar el si está bien realizado el cálculo debe coincidir el mismo valor en las dos ecuaciones.

De los resultados obtenidos se procede a la interpretación de los datos para determinar el grado de afectación del movimiento en masa.

Metodología para el Cuarto Objetivo

- Identificar y evaluar de forma preliminar los posibles sitios de extracción de materiales pétreos en el área de influencia de la vía.

Para estimar el cálculo de las zonas de material se utiliza los métodos descritos en el marco teórico, más específicamente: para el cálculo del volumen en laderas o taludes se aplicará el método de perfiles paralelos, los mismos que se encuentran cortando el yacimiento; para el volumen del depósito aluvial se utiliza el método del promedio aritmético.

El método del promedio aritmético se lo realiza determinando el área por la profundidad.

Para la determinación del área se procederá a realizar el levantamiento y ubicación topográfica mediante Estación Robótica S6 y se identifican los posibles lugares de extracción con respecto a las características físico-mecánica de los materiales. Complementariamente se realiza la valoración de volúmenes con respecto a tres (3.0) metros de potencia, que es un valor solicitado por los proyectistas.

RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1. Descripción General del Área de Estudio

6.1.1. Acceso

El acceso al proyecto se lo realiza por la vía Panamericana que conduce desde la ciudad de Loja – Catacocha - Macará; en su cabecera cantonal a la altura de la Y, cuya localización geográfica es17 en coordenadas UTM 617715, 9516780 (Junto a Estación de Servicio de Combustible) y la vía que conduce a la Parroquia Sabiango a una distancia de 7.8 Km. Se ingresa hacia El Limón (hacia la derecha) se accede a la vía en estudio **(Fotografía N^0 1).**

Otro acceso al proyecto se lo realiza por la vía que Loja - Cariamanga - Sozoranga – Macará, actualmente se encuentra en mal estado por lo que no permite un tráfico vehicular normal debido a la presencia de fallas en la vía.

Fotografía Nro1: Entrada a la vía de estudio. Sector El Limón.

5.1.2. Ubicación Administrativa

El área de estudio se ubica en la provincia de Loja, cantón Macará, parroquias de Macará y La Victoria, y los barrios intermedios entre La Bocana, El Limón **(Figura 1)**, se debe aclarar que la vía en la mayoría de este tramo corre paralela al Canal de Riego Macará, la misma que ha permitido el mantenimiento del mismo.

La vía inicia en el km 0 + 000 del sector El Limón atravesando las comunidades de El Limón, El Carmen, Santo Cristo, El Coco, Vega Masa, La Bocana estos sectores se encuentran en el límite fronterizo, siguiendo la vía encontramos los sectores de Angashcola, Almendro Paltos, Almendro Norte, Casa Vieja y culmina en el km 26 en el sector de la Victoria.

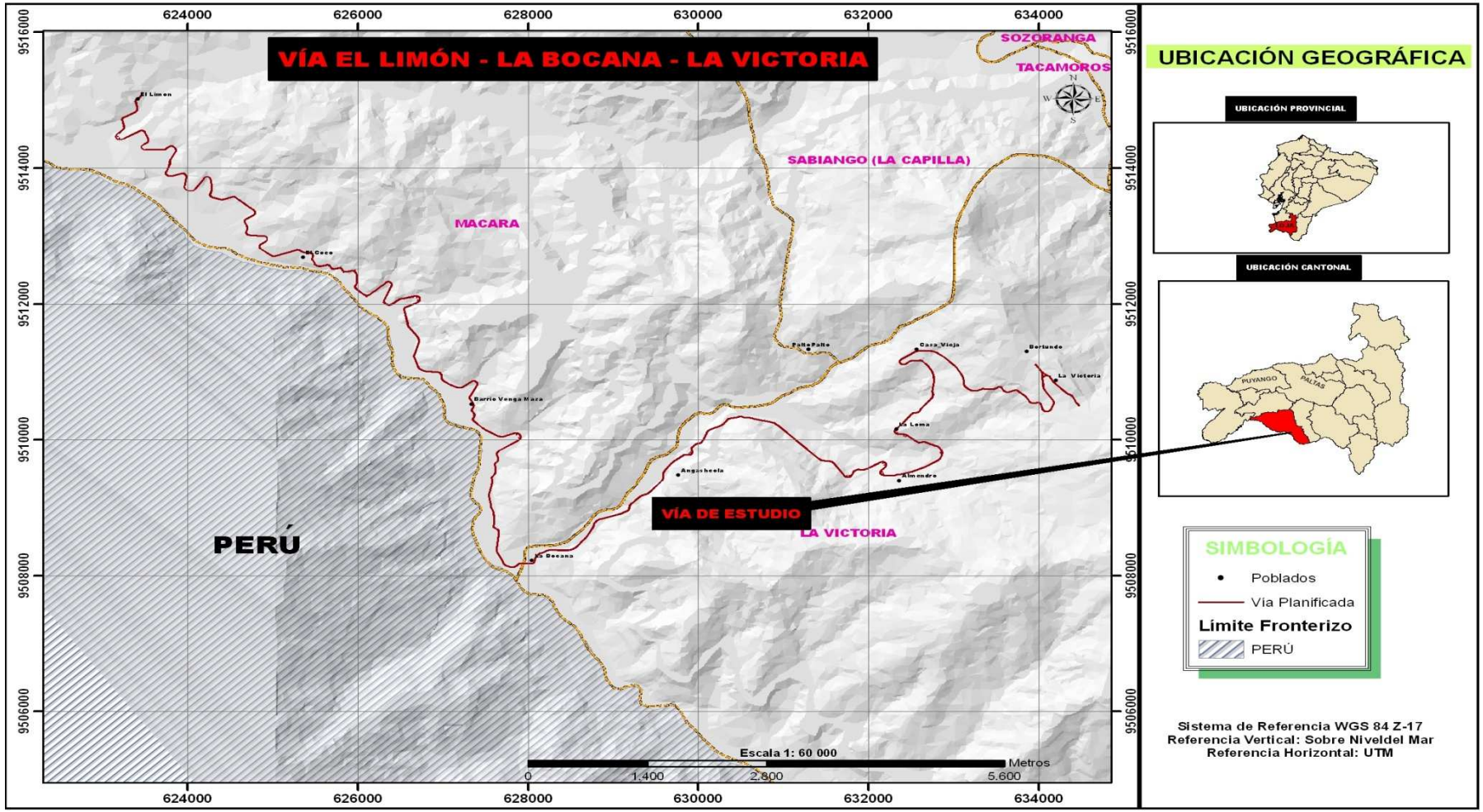


Figura 1 . Ubicación del lugar de estudio: PI: X = 623197.01 Y = 9514756.4227 Z = 500.6142 PF: X = 634208.78 Y = 9510144.48 Z = 1510.

Fuente: El Autor.

5.1.3. Localización Geográfica

La vía de estudio se encuentra ubicado dentro de las Parroquias Macará y La Victoria, Cantón Macará perteneciente a la Provincia de Loja, en las siguientes coordenadas geográficas (DATUM WGS 84 17 S):

Tabla1. Localización Geográfica del Proyecto.

Punto	Coordenadas UTM WGS 84 17 S		Lugar de referencia
	Y	X	
1	9514773.302	623214.894	El Limón
2	9514494.273	623149.273	
3	9514058.442	622917.188	
4	9510403.214	626909.962	
5	9508527.016	627340.341	
6	9507807.762	627696.155	La Bocana
7	9509801.456	630714.892	
8	9509195.478	632325.530	
9	9510570.614	633815.553	Y La Victoria
10	9510346.377	634044.472	
11	9510129.101	634221.311	La Victoria
12	9510605.289	633794.677	Y La Victoria

Fuente. El Autor.

5.1.4. Topografía

La topografía característica del cantón Macará es poco accidentada, con altitudes que varían de 2400 m.s.n.m., que es la parte más alta, hasta orillas del río Calvas que es la parte más baja con una altura de 400 m.s.n.m., en las parroquia Macará se tiene alturas que van desde 400 a 900 m.s.n.m., lo que es la zona de estudio se tiene zonas muy accidentadas asta de 2400 m.s.n.m., desde el inicio del proyecto hasta el final de éste existe una diferencia aproximado de 1000 m.**(Ver Anexos Mapa N°1).**

5.1.5. Geología Regional

La zona en estudio se encuentra dentro de la provincia geológica andina, la cual aquí consiste de volcánicos andesíticos cretácicos pertenecientes a la Formación Piñón, denominada en el Sur del Ecuador Formación Celica, e instruidos por un gran batolito tipo granodiorítico denominado Batolito de Tangul. Se relaciona la carta geológica de Macará a Escala. 1: 100000. Edición 1974.

- **Formación Piñón (Célica)**

Consiste básicamente de una extensa depositación de lavas andesíticas, las cuales fueron eximidas a lo largo de la línea de los Andes Occidentales durante el cretácico. Las andesitas son de un color verde distintivo, usualmente homogéneo y masivo, con una matriz afanítica característica de rocas ígneas de enfriamiento rápido. La andesita porfirítica esta difundida y los fenocristales mancos son hipersteno, diopsida y augita pero estos están siempre subordinados a los fenocristales andesino-labradorita. Muchos de los fenocristales feldespáticos están argilizados o alterados a caolín y sericita. La hornblenda se encuentra como un producto de alteración de los piroxenos y la hornblenda primaria muestra una alteración a clorita y biotita. Probablemente un ligero metamorfismo está relacionado a algunas de las alteraciones.

Al Oeste del Empalme las andesitas se encuentran interestratificadas con una secuencia de cuarcitas, calizas y tobas finamente bandeadas. Se desconoce el espesor de la formación Celica pero debe ser de varios miles de metros. Posee un contacto fallado y está recubierta por la formación Sacapalca al este. Instruida además por el batolito de Tangula.

La edad de la Formación Celica es incierta, pero se cree que está prolongada hasta el Cretáceo Inferior.

- **Aluviales Recientes (Qal) – Holoceno**

Los depósitos superficiales se hallan confinados a los valles de los ríos y en particular a las áreas de los plutones graníticos debido a que la roca gruesamente granulada es fácilmente disgregada por los procesos de meteorización. Por esta razón los plutones de Macará y Sabiango forman los terrenos bajos en contraste con los volcánicos circundantes. Los derrumbes son el resultado de la inestabilidad de las laderas en esta región profundamente diseccionada.

En el área de estudio río Calvas forma amplios meandros que han dado lugar a la formación de extensas terrazas aluviales, con posibilidades de concentración de placeres auríferos, estos depósitos se asientan sobre un bedrock de rocas volcánicas andesíticas (Formación Piñón). Las terrazas de grava aluvial se presentan relativamente planas con potencias que varían desde 3 a 5 m., desde el nivel del río Calvas.

- **Magmatismo**

El magmatismo intrusivo en la región de Macará está representado por rocas ácidas y en menor escala rocas ultrabásdicas

- **Intrusivos Ácidos**

Las intrusiones de composición ácida están representados por dos cuerpos plutónicos que pertenecen al Batolito de Tangula que es más extenso al Norte. Estos cuerpos se denominan Plutón de Macará y Plutón de Sabiango.

- **Plutón de Macará**

Nombre (tomado del pueblo de Macará. Este, intrusivo instruye la formación Celica y su edad es de 111 millones de años (para la hornblenda) y 48 millones de años (para la biotita), dataciones estas que sugieren que la intrusión tuvo lugar durante el Eoceno.

- **Plutón de Sabiango**

El nombre de este Plutón es tomado del pueblo de Sabiango, que se encuentra a 14 Km. al Este de Macará y tiene una extensión de 12 x 35 Km.

Ambos plutones son de grano grueso a medio y varían en composición desde diorita pasando por tonalita a granodiorita típicamente la diorita tiene motas negras y blancas con un contenido de cerca del 45% de minerales máficos que consisten principalmente de hornblenda con algo de biotita.

La plagioclasa está en el rango de la andesina. Las tonalitas son más leucocráticas contienen más *del 10% de* cuarzo y la biotita aumenta en importancia al exceder a la hornblenda en cantidad. La diorita comúnmente se la encuentra cerca del perímetro de los plutones y probablemente representa una fase temprana de actividad ígnea, la cual fue seguida posteriormente por tonalita granodiorita.

5.1.6. Geología Local

Atendiendo a los cortes realizados en la construcción de la vía existente y canal, se puede observar afloramientos de la roca existente claramente definidos por la poca presencia de suelos residuales en las partes altas de estos, lo que permitió definir la geología del sector determinando así que en todo el sector por donde se va construir la nueva vía se encuentra en la formación Celica predominando en esta formación la roca andesita **(Anexos 2 Mapa N˚2).**

Se describe a continuación la litología del sector de los diferentes afloramientos.

En el sector del Río Sabiango se evidencia aluviales producto de la meteorización de la roca madre que han sido arrastrados por la corriente del mismo, el aluvial está compuesto por grava de cantos redondeados de varios tamaños, también consta de gravilla y arena de grano medio a fino, aflorando en diferentes partes roca andesita y toba andesíticas.

En el Barrio Vega-Masa se observa la presencia de dos fallas geológicas paralelas, perpendiculares a la vía se puede evidenciar en los cortes geológicos **(Anexos 9 Mapa N˚9),** se observa afloramiento de tobas andesíticas y andesitas un poco basálticas las cuales se hallan compactas y cohesionadas; las mismas presenta una coloración café claro a verdosas. El fuerte fractura miento que presenta la roca se debe a que el sistema de diaclasas se encuentra en varias direcciones.

En el sector de la Quebrada Linderos se presume una falla inferida perpendicular a la vía, se evidencia material aluviales compuestos por grava de cantos redondeados de tamaño pequeño y arena de grano medio, existe afloramientos de roca andesita de coloración gris las cuales presentan fracturas.

En el sector La Bocana se observa aluviales producto de la meteorización de la roca madre, arrastrado por la Quebrada Angashcola, el material está compuesto por grava con cantos redondeados de tamaño mediano a pequeño y arena de grano medio, también afloran andesitas y tobas andesíticas con una tonalidad gris a café, las cuales se hallan fracturadas.

A lo largo de la mayor parte de la vía se observa los aluviales y coluviales asentados sobre la formación Celica **(Anexos 9 Mapa N˚9)** debido a los arrastres del rio calvas, compuesto por grava de cantos redondeados de varios tamaños, también consta de gravilla y arena de grano medio a fino, aflorando en diferentes partes roca andesita y toba andesíticas.

En el sector Palto Alto se observa aluviales en el cual se encuentra arenas, gravas y cantos rodados de diferentes tamaños llegando a medir más de un metro producto de la meteorización de la roca madre de la formación Celica por el arrastre de la Quebrada Palto Alto.

En el Sector La Victoria aflora la formación Celica en este afloramiento la roca andesita de color verde oscuro se encuentra fuertemente fracturada debido al diaclasamiento en varias direcciones.

Más adelante se detalla cada afloramiento con su respectiva litología con un registro fotográfico.

5.1.7. Geomorfología

El área de estudio geomorfológicamente, es un ejemplo de lo que sucede en toda el área de Macará. Esto quiere decir que se representan tres zonas geomorfológicas las cuales se describen a continuación:

- **Zona1. Montañas medias altamente diseccionadas**

Esta zona abarca toda la parte nortedel área correspondiente, a la parte austral de los cerros Burlundo y Nangora, con elevaciones que oscilan al Este desde los 800m hasta 1500m. En el cerro Las Palmas de 852 m a los 1169 m en el cerro Cocha Corral.

Morfológicamente esta zona se puede subdividir en dos subzonas con rasgos de las elevaciones diferenciadas debido fundamentalmente al control litológico.

En la porción centro Occidental, las elevaciones desarrolladas sobre las granodioritas del Plutón Macará se caracterizan por presentar cimas acuchilladas en forma de crestas alargadas en dirección Noreste laderas muy abruptas con pendientes prominentes de 15^0 a 30^0 con sectores mayores de 30^0 y altamente diseccionadas con valores que oscilan de 200 a 1280 m.s.n.m con estructura de hojaldre con los ojos de agua que están muy agudizados.

En la subzona Oriental el sistema orogénico se encuentra desarrollado sobre las andesitas y tobas andesíticas de la formación Celica, las mismas que presentan un relieve de montañas medias con cimas alargadas con dirección NNE y laderas abruptas con pendientes de 15° a 30° y algunos sectores 12° a 15° con ojos de agua. La red de drenaje tiene aquí una mayor densidad que en el sector occidental indicando un mayor control tectónico por fracturación del drenaje; los valores de la disección vertical llegan hasta los 1120 m/ Km.

Genéticamente esta zona se incluye dentro de la clasificación de relieve tectónico, donde la acumulación de suelos solo está confinada a los pequeños valles intramontañosos y la dinámica erosiva favorece la formación de aludes, deslizamientos y arrastres por escurrimiento superficial y la gravedad.

- **Zona 2. Premontañas a montañas bajas moderadamente diseccionadas**

Esta zona geomorfológica bordea a la zona Nro. 1 por toda la parte **Sur** y corresponde a elevaciones colinosas de 400 a 520 m. de altura con cimas subredondeadas con pendientes y partes de agua redondeadas. La inclinación del terreno es de 3 a 6^0 promedio con algunos sectores de 15º a 30º. Los valores de la disección vertical oscilan en esta área de 100 a 500 m.s.n.m. aumentando progresivamente hacia el Norte.

Desde el punto de vista genético esta zona se puede clasificar como un relieve de pre-montañas tectónicas denudativas-acumulativas teniendo el suelo desarrollado en cada porción y con características bien diferenciadas.

- **Zona 3. Llanuras aluviales**

Esta forma de relieve abarca la menor extensión dentro del área de trabajo **(Anexos Mapa N˚3)** y su desarrollo está limitado a la porción centro norte del valle de Macará, alrededor del pueblo del mismo nombre extendiéndose de Este a Oeste desde la configuración de la quebrada Alhajilla y Mandala con el río Macará respectivamente.

En esta zona el relieve se encuentra desarrollado sobre sedimentos aluviales en superficies planas de pendientes de 0 a 3 y valores de la dirección vertical de 0 – 80 m.s.n.m.

5.1.8. Geología Estructural

El rasgo tectónico-estructural de la región Sur del Ecuador es bastante complejo y en ella intervienen importantes fallas y estructuras geológicas regionales

Al sureste de la depresión Alamor y entre las fallas Portovelo Jubones se depositaron las rocas de la formación Celica sobre un basamento metamórfico más antiguo, la cual está separada del eje positivo Arco Olmos-Cordillera Real este por el Graben Cariamanga-Huancabamba. El plegamiento dentro de los volcánicos masivos de la formación Celica es poco evidente.

Las fallas presentan un rumbo preferencial NE-SO, es decir marcan una dinámica andina. Mientras que el fracturamiento presenta dos direcciones una paralela a las estructuras mayores y otra perpendicular a las primeras (estructuras antitéticas), lo que indica un ambiente compresivo de la cuenca.

La tectónica de la cuenca del río Calvas se ve reflejada en la incidencia de las fallas, en superficie la actividad de estas estaría reflejada en la gran cantidad de fracturas que presentan las rocas de la formación Celica.

En el recorrido del área de estudio se puede observar que existe diaclasamiento de las rocas en varias direcciones predominando el diaclasameinto al nor-este con un rumbo N60ºW y un buzamiento de 75º NE dos fallas geológicas paralelas que atraviesan la vía de estudio se las ubica a la altura del Barrio Vega-Masa y presentan una dirección N70ºE y el buzamiento es 35º SE, son fallas antiguas que no han afectado en mayor intensidad a la vía, sin embargo hay que tomarlas en cuenta en el diseño y construcción de la nueva vía ya que esta será asfaltada, Así como también el diaclasamiento al momento de diseñar los taludes.

5.1.9. Clima

Para determinar el clima del área de estudio, se realizó la recopilación de información existente en el INAMHI, se seleccionó a la estación climatológica de Macará por ser la más cercana, cuya área de influencia cubre toda el sector de estudio. La estación Macará, está ubicada geográficamente entre la latitud 4° 22' 28" S y longitud 79° 56' 20" W, a una altitud de 427 m.s.n.m.

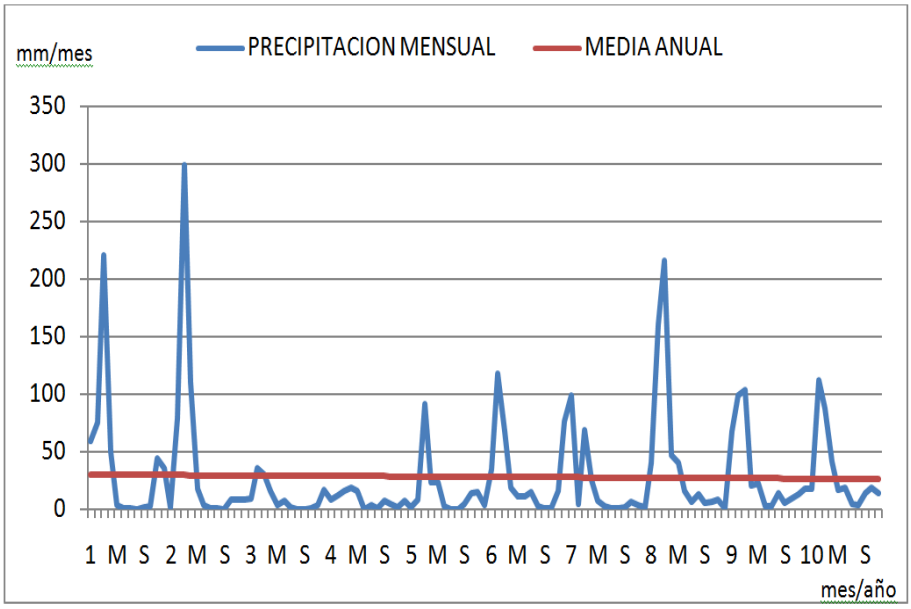
Tipo de clima: Muy seco Sub-tropical – semiárido, Temperatura Media Mensual: 20°C a 22°C. La temperatura máxima absoluta registradas en Macará es de 36 °C (marzo de 1974) y la temperatura mínima absoluta registrada es de 10,4 °C (octubre de 1996).

La estación seca se extiende desde Mayo hasta Diciembre, siendo los meses más secos Julio, Agosto y Septiembre. El balance de precipitación, evaporación y humedad de la zona determinan a la misma como una zona muy seca, semiárida, con un considerable déficit de agua, que no permite el desarrollo de actividades agrícolas o ganaderas intensivas. Bajo estas condiciones de extrema sequedad, sobre los terrenos de mayor inclinación y especialmente durante los meses de Febrero y Marzo la erosión natural tiende a igualar o sobrepasar el proceso de edificación generando suelos en grandes partes delgados y hasta superficiales.

5.1.10. Precipitación

En la siguiente figura se muestra el perfil temporal de la precipitación mensual del periodo 2001-2010.[22]

Figura2. Perfil de la precipitación mensual para el sector de estudio.2



Fuente. Estudio de Impacto Ambiental Ex – Ante y Plan de Manejo del Proyecto "Ampliación y Mejoramiento de la vía Pitayo – La Victoria – La Bocana – El Limón, del cantón Macará, provincia de Loja"

En la gráfica se observa el perfil de la distribución de la precipitación mensual del periodo de estudio, donde se pudo establecer que los meses donde la precipitación es mínima por la falta de lluvias son mayo, junio, julio, agosto y septiembre con rangos menores a 50 mm/mes; considerados los meses secos en este periodo.

Los meses donde existe gran cantidad de precipitación se hallan entre enero a abril, con valores que oscilan entre los 60 a 300 mm/mes. Los años de mayor intensidad de lluvia en el periodo son el año 2001, 2002 y 2008 (Silva 2011).

[22]Estudio de Impacto Ambiental Ex – Ante y Plan de Manejo del Proyecto "Ampliación y Mejoramiento de la vía Pitayo – La Victoria – La Bocana – El Limón, del cantón Macará, provincia de Loja".

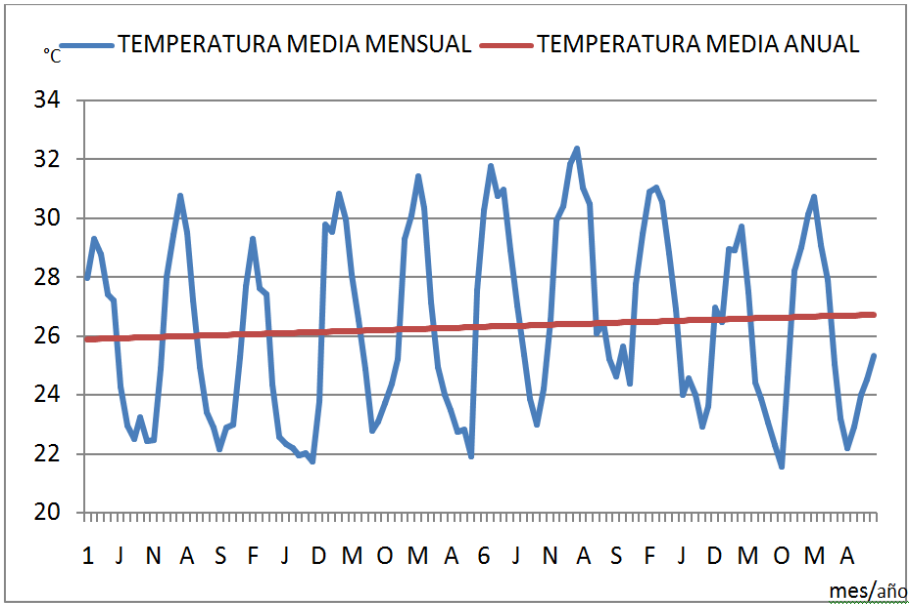
Por otra parte, en la gráfica del perfil también se pudo identificar que desde mediados del año 2002 hasta inicios del 2005 no se registraron lluvias mayores a 50mm/mes (Silva 2011).

Tomando como base general del cantón Macará se tiene el mapa de isoyetas del sector del área de estudio el cual indica que la precipitación está representada en forma continua con valores que van desde los 750 a 1000 mm/año en los sectores del Limón y la Bocana mientras que en los sectores de Palto Alto y la Victoria se evidencian valores de 1000 a 1250 mm/año **(Anexos 4 Mapa N˚4).**

5.1.11. Temperatura

En la siguiente gráfica se muestra el perfil temporal de la temperatura media mensual que se obtuvo del análisis del periodo 2001-2010.

Figura N^0 3. Perfil de la temporalidad media mensual del periodo 2001-2010



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Ex – Ante y Plan de Manejo del Proyecto "Ampliación y Mejoramiento de la vía Pitayo – La Victoria – La Bocana – El Limón, del cantón Macará, provincia de Loja"

Analizando el perfil temporal se estableció que los meses donde la temperatura es más baja son: junio, septiembre, octubre con valores que van desde los 21 ºC a los 22 °C; y

los meses donde la temperatura es más elevado son marzo, abril y mayo, con un rango que va desde 29 ºC a 31 °C. En la gráfica también se observa que la media anual se encuentra en proceso de ascenso a partir del año 2005 (Silva 2011).

Tomado como base general del cantón Macará se tiene el mapa de isotermas del sector del área de estudio observando que en los sectores del Limón, La Bocana y Palto Bajo se tiene temperaturas medias anuales de 20 °C a 22 °C mientras que en Palto alto y La Victoria de 18 °C a 20 °C **(Anexos 5 Mapa N˚5).**

5.1.12. Hidrología

La vía en estudio se encuentra atravesando el sistema Catamayo-Chira, y más específico la Subcuenca Río Macará encontrándose el eje vial cuyos drenajes de la Subcuenca Río Macará se dirigen al sur de la zona de estudio. Esta Subcuenca hidrográfica cuenta con microcuencas y parte de drenajes menores.

La vía de estudio se encuentra influenciada por dos principales afluentes como son el río Calvas y el río Sabiango[23] **(Fotografía N^0 2 y 3).**

En el sector Almendro Palto se encuentra una quebrada que en época invernal posee cantidad de agua considerable así como en el sector La Bocana pasa sobre la Quebrada La Victoria, la cual desemboca en el Río Calvas, el mismo que al unirse al Río Sabiango, forman el Río Macará, el cual desemboca sus aguas en el Río Catamayo, mismo que pasa a formar el sistema Hidrográfica Catamayo-Chira **(Anexos 6 Mapa N˚6).**

[23]**M**inisterio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y **Pesca**(MAGAP). Subsecretaría de Riego y Drenaje.

Fotografía N^0 2. Principales Afluentes, Río Sabiango.

Fotografía N^0 3. Principales Afluentes, Río Calvas

5.1.13. Uso actual del suelo

En el sector de estudio en las partes bajas se observa cultivos de arroz maíz pastos **(Fotografía N^0 4 y 5)**, en casi todo el tramo de las partes altas de la vía encontramos bosque seco densos ya al final de la vía se tiene pastos naturales, matorrales húmedos altos y bosque seco denso. A lo largo de la vía de estudio se encuentran caseríos dispersos **(Anexos 7 Mapa N˚7).**

Fotografía N^0 4. Cultivos de Arroz y Maíz. Sector sur del área de estudio, La Bocana

Fotografía N^0 5. Cultivos de Arroz sector El Coco

5.1.14. Bosques Protectores y Áreas de Interés Ambiental.

Revisada la base cartográfica del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Patrimonio Forestal del Estado y Bosques Protectores Públicos y Privados reconocidos por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, se constató que el proyecto vial no intercepta con ningún área protegida o bosque protector del Estado[24].

5.2. Topografía a Detalle

Mediante la utilización de la estación total Trimble S6 se procedió a realizar el levantamiento topográfico a detalle a escala 1:1000, con curvas secundarias cada metro y curvas principales cada 5 metros, en una longitud que comprende 26 Km a partir de este levantamiento topográfico se determinó que existe mayor proporción de pendientes bajas, seguidas de pendientes moderadas, determinando de esta manera que la altura en el sector El Limón es de 530 m.s.n.m. y en el sector La Bocana es de 519 m.s.n.m. en el sector La Victoria tenemos alturas considerables de 1451 m.s.n.m. la misma que ocasiona pendientes abruptas lo que ha sido corroborado en el campo a través de visitas de campo, las cuales confirman la veracidad de dicho levantamiento, **(Anexos 8 Mapa N˚8).**

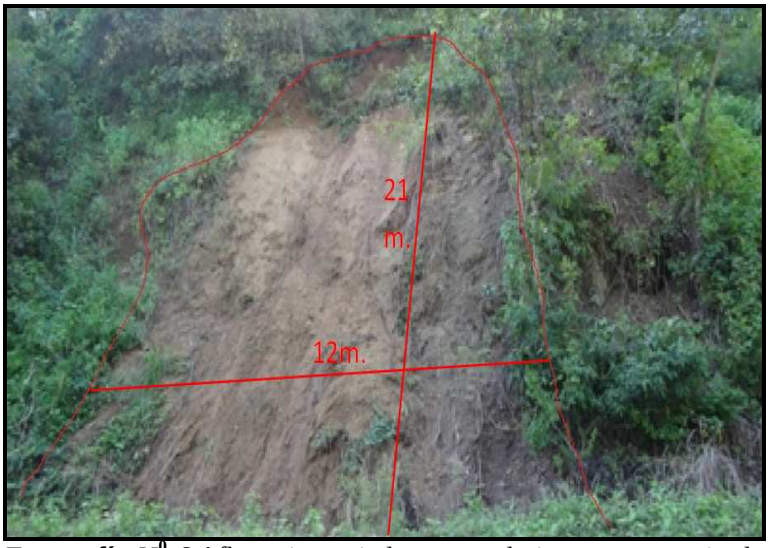
5.3. Geología a Detalle del Área de Estudio

Debido a los cortes realizados en la construcción de la vía existente, canal, ríos y quebradas se pueden observar afloramientos de la roca existente claramente definidos por la poca presencia de suelos residuales en las partes altas de estos, lo que nos permitió definir la geología del sector determinando así que en todo el sector por donde se va construir la nueva vía se encuentra en la formación Celica predominando en esta formación la roca andesita. A continuación se describe los principales afloramientos **(Anexos 9 Mapa N˚9).**

[24]Estudio de Impacto Ambiental Ex – Ante y Plan de Manejo del Proyecto “Ampliación y Mejoramiento de la vía Pitayo – La Victoria – La Bocana – El Limón, del cantón Macará, provincia de Loja”

Afloramiento 1.

En este afloramiento se observa roca andesita las mismas las rocas que se hallan compactas, poco diaclasadas presentan una coloración café obscuro a gris, se observa suelos arena arcillosa color café, grava mal gradada no se observa la presencia de agua (**Fotografía N^0 6 y 7).**



Fotografía N^0 6. Afloramiento 1 de roca andesita con presencia de suelo areno arcilloso. Sector El Coco en el kilómetro 6+500

Fotografía N^0 7. Afloramiento 2 de suelos arcillosos color café amarillenta con presencia de clastos subredondeados de tamaños variados (10-2cm). Sector El Coco en el kilómetro 6+500

Tabla 2. Descripción del Afloramiento 1

COORDENADAS UTM	X: 625498 Y: 9512126 Z: 523
UBICACIÓN	Sector el Coco
DIMENSIONES	Ancho = 12 Alto = 21m
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	Andesita masiva de color verde grisáceo, toba andesitica de color café amarillenta, suelos areno arcillosos
MINERALES	Cuarzo, feldespatos, biotita, horblenda
GRANULOMETRÍA	Grano medio a fino
VEGETACIÓN	Escasa presencia de vegetación

Fuente. El Autor.

Afloramiento 2.

Se evidencia andesita aflorando, las rocas se hallan compactas, poco diaclasadas las mismas presenta una coloración café obscuro a gris, presenta claramente grava arcillosa con arena, la cual está depositada sobre andesita que pertenece a la formación Celica (**Fotografía N^0 8).**

Fotografía N^{0}8. Afloramiento de roca andesita con presencia de suelo areno arcillosos.Sector la Bocana a 2Km direccion al Limón kilómtro 12+800

Tabla 3. Descripción del Afloramiento 2

COORDENADAS UTM	X: 627372 Y: 9507948 Z: 524
UBICACIÓN	Sector la Bocana
DIMENSIONES	Ancho = 20.80m Alto = 6.80m
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	Andesita masiva de color verde grisáceo, grava arcillosa con arena
MINERALES	Cuarzo, feldespatos, biotita, horblenda
GRANULOMETRÍA	Grano medio a fino
VEGETACIÓN	Presencia de Vegetación

Fuente. El Autor.

Afloramiento 3

Se evidencia afloramiento de material aluvial lo largo de la mayor parte de la vía esto debido a la presencia del río Calvas constituido por arena y cantos redondeados que van desde 0.5 cm hasta los 30 cm de diámetro, estos depósitos se asientan sobre rocas volcánicas andesíticas de la Formación Celica (**Fotografía N^{0}9).**

Fotografía N^{0}9. Afloramiento de Aluvial con presencia de grava, arena y cantos redondeados, sector La Bocana, kilómetro 13

Tabla 4. Descripción del Afloramiento 3

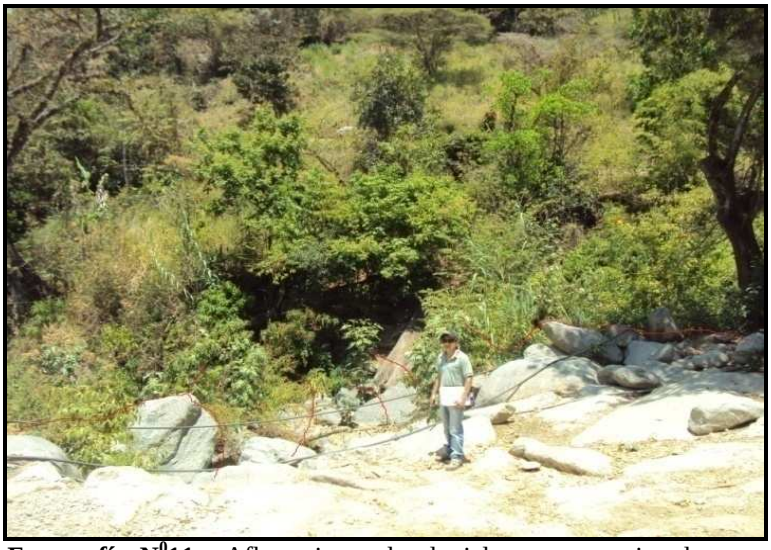
COORDENADAS UTM	X = 627624 Y = 9507693 Z= 522
UBICACIÓN	La Bocana, Río Calvas.
DIMENSIONES	Largo = 200m Ancho = 70m
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	Aluvial de la Formación Celica conformado por grava de cantos redondeados y arena.
GRANULOMETRÍA	Grano medio a grueso.
VEGETACIÓN	Escasa presencia de vegetación.

Fuente. El Autor.

Afloramiento 4.

En el tercer afloramiento se puede evidenciar aluviales en el cual se observa arenas, gravas y cantos rodados de diferentes tamaños (10-50cm) (**Fotografía N^{0}10)** llegando a medir algunos más de un metro (**Fotografía N^{0}11)** de la meteorización de la roca madre de la formación Celica por la Quebrada Palto Alto.

Fotografía N^{0}10. Afloramiento de aluvial y cantos redondeados de gran tamaño con presencia de arenas, gravas. En la quebrada del sector Palto Alto.



Fotografía N^{0}11. Afloramiento de aluvial con precencias de cantos rodados de gran tamaño. En la quebrada del sector Palto Alto.

.

Tabla 5. Descripción del Afloramiento 4

COORDENADAS UTM	**X:** 632303 **Y:**9509387 **Z:** 975
UBICACIÓN	Sector Palto Alto
DIMENSIONES	**Ancho** = 15m **Alto** = 50m
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	Arenas, Gravas y Cantos Rodados
MINERALES	Cuarzo, feldespatos, biotita, horblenda
GRANULOMETRÍA	Grano medio a fino
VEGETACIÓN	Escasa presencia de vegetación.

Fuente. El Autor.

Afloramiento 5.

En este sector se observa la roca andesita con matriz de grano fino con presencia de cuarzo, feldespatos, piroxeno y biotita, la misma que se encuentra meteorizada, así mismo se evidenciando suelo residual(**Fotografía N^0 12)**, en el macizo se observan fracturas por diaclasamiento en diferentes direcciones (**Fotografía N^0 13)**, en la parte izquierda se observa presencia de agua.

Fotografía N^{0}12. Afloramiento de roca andesita de color verde oscuro y presencia de suelo arcilloso. Sector La Victoria.

Fotografía Nro13. Afloramiento de roca andesita con presencia de fracturas. Sector La Victoria**.**

Tabla 6. Descripción del Afloramiento 5

COORDENADAS UTM	**X:** 633313 **Y:** 9510395 **Z:**1365
UBICACIÓN	Cerca del Poblado La Victoria
DIMENSIONES	**Ancho** = 26m **Alto** = 11m
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	Roca andesita de color verde oscura
MINERALES	Cuarzo, feldespatos, biotita, horblenda
GRANULOMETRÍA	Grano medio a fino
VEGETACIÓN	Presencia de vegetación baja.

Fuente. El Autor.

5.4. Determinación de la Propiedades Físico-Mecánico de Suelos

Para el análisis geotécnico se recolectó 52 muestras para la determinación del CBR en lo que se refiere al tipo de suelo se tomó 45 tramos del sector de estudio (**Fotografía N^0 14 y 15)**, con el fin de determinar las características geotécnicas del terreno**.** El resultado del análisis de laboratorio se obtiene de la correlación de las tablas **(Tabla N^0 7 y 8).**

Fotografía N^{0}14. Ensayos de campo y recolección de muestras, sector La Victoria.

Tabla 7. Interpretación de resultados de tipos de material.

Subtramos	Abscisa Km	Sector Comprendido	Profundidad (m.)	Clasificación SUCS	Material
1	00+010.00	El Limón – La Bocana	1	SM	Arena limosa, color blanco
2	00+570.00	El Limón – La Bocana	1	GC	Grava arcillosa, color café oscuro
3	00+800.00	El Limón – La Bocana	1	CH	Arcilla alta plasticidad, color café
4	01+360.00	El Limón – La Bocana	1	GC	Grava arcillosa, color café
	01+910.00	El Limón – La Bocana	1	GC	Grava arcillosa, color café rojizo
5	02+600.00	El Limón – La Bocana	1	SM	Arena limosa, color gris
6	03+170.00	El Limón – La Bocana	1		Roca
7	03+520.00	El Limón – La Bocana	1	CL	Arcilla limosa, color café
8	03+950.00	El Limón – La Bocana	1	CH	Arcilla alta plasticidad, color café rojizo
	04+460.00	El Limón – La Bocana	1	CH	Arcilla alta plasticidad, color café oscuro
9	05+040.00	El Limón – La Bocana	1	GC	Grava arcillosa, color café oscuro
10	05+610.00	El Limón – La Bocana	1	SC	Arena arcillosa, color café amarillento
11	06+110.00	El Limón – La Bocana	1	GC	Grava arcillosa, color café
	06+480.00	El Limón – La Bocana	1	GC	Grava arcillosa, color café
12	07+060.00	El Limón – La Bocana	1	CL	Arcilla limosa, color café rojizo
	07+470.00	El Limón – La Bocana	1	CL	Arcilla limosa, color café rojizo
13	07+910.00	El Limón – La Bocana	1	CH	Arcilla alta plasticidad, color café rojizo
14	08+420.00	El Limón – La Bocana	1	ML	Limo baja plasticidad, color café
15	09+040.00	El Limón – La Bocana	1	GC	Grava arcillosa, color café claro
	09+550.00	El Limón – La Bocana	1	GC	Grava arcillosa, color café claro
16	09+940.00	El Limón – La Bocana	1	SC	Arena arcillosa, color café
17	10+460.00	El Limón – La Bocana	1	GM	Grava limosa, color café claro
18	11+040.00	El Limón – La Bocana	1	SC	Arena arcillosa, color café
19	11+441.00	El Limón – La	1	GC	Grava arcillosa, color café

		Bocana			
20	11+730.00	El Limón – La Bocana	1	CL	Arcilla limosa, color café oscuro
21	12+040.00	El Limón – La Bocana	1	SC	Arena arcillosa, color café oscuro
22	12+540.00	La Bocana-La Victoria	1	GC	Grava arcillosa, color café
23	12+990.00	La Bocana-La Victoria	1	SC	Arena arcillosa, color café oscuro
24	13+440.00	La Bocana-La Victoria	1	GC	Grava arcillosa, color café claro
	14+040.00	La Bocana-La Victoria	1	GC	Grava arcillosa, color café claro
25	14+520.00	La Bocana-La Victoria	1	GC	Grava arcillosa, color café oscuro
	14+970.00	La Bocana-La Victoria	1	GC	Grava arcillosa, color café amarillento
26	15+510.00	La Bocana-La Victoria	1	SM	Arena limosa, color café claro
27	16+020.00	La Bocana-La Victoria	1	GC	Grava arcillosa, color café
	16+550.00	La Bocana-La Victoria	1	GC	Grava arcillosa, color café oscuro
	17+000.00	La Bocana-La Victoria	1	GC	Grava arcillosa, color café oscuro
	17+340.00	La Bocana-La Victoria	1	GC	Grava arcillosa, color café oscuro
28	17+760.00	La Bocana-La Victoria	1	SC	Arena arcillosa, color café claro
29	18+300.00	La Bocana-La Victoria	1	GC	Grava arcillosa, color café oscuro
30	18+600.00	La Bocana-La Victoria	1	SC	Arena arcillosa, color café
	19+100.00	La Bocana-La Victoria	1	SC	Arena arcillosa, color café claro
31	19+530.00	La Bocana-La Victoria	1	SM	Arena limosa, color café claro
32	20+000.00	La Bocana-La Victoria	1	SC	Arena arcillosa, color café claro
33	20+490.00	La Bocana-La Victoria	1	GC	Grava arcillosa, color café oscuro
34	20+950.00	La Bocana-La Victoria	1	GM	Grava limosa, color café amarillento
35	21+360.00	La Bocana-La Victoria	1	GC	Grava arcillosa, color café oscuro
36	21+840.00	La Bocana-La Victoria	1	GM	Grava limosa, color café oscuro
37	22+360.00	La Bocana-La Victoria	1	GC	Grava arcillosa, color café oscuro
38	22+800.00	La Bocana-La Victoria	1	CL	Arcilla limosa, color café oscuro
39	23+310.00	La Bocana-La Victoria	1	GC	Grava arcillosa, color café oscuro
40	23+860.00	La Bocana-La Victoria	1	CH	Arcilla alta plasticidad, color café oscuro

41	24+290.00	La Bocana-La Victoria	1	GM	Grava limosa, color café oscuro
42	24+840.00	La Bocana-La Victoria	1	ML	Limo baja plasticidad, color café amarillento
43	25+330.00	La Bocana-La Victoria	1	MH	Limo alta plasticidad, color café oscuro
44	25+570.00	La Bocana-La Victoria	1	CL	Arcilla limosa, color café oscuro
45	26+210.00	La Bocana-La Victoria	1	MH	Limo alta plasticidad, color café oscuro

Fuente. Resultados del laboratorio del Ing. Ovidio Woltaire Castillo.
Interpretación y adecuación. El Autor.

De la interpretación de los resultados obtenidos se realiza una clasificación de suelos en porcentaje para la facilidad y menos tiempo de compresión.

Clasificación SUCS

GC= gravas arcillosas 52,8 %
CL= arcillas de plasticidad baja 18,52 %
SC= arenas arcillosas 13,9 %
CH= arcillas de alta plasticidad 6,48 %
SM= arenas limosas 5,55 %
GM= gravas limosas 3,70
GW o GP= gravas bien gradadas o pobremente gradadas 2,8 %
ML= limos 0, 93 %

Sobre la base de roca andesita sometidas a proceso de meteorización y erosión hídrica y eólica, se forman los suelos granulares de color gris claro a gris obscuro.

Según la tabla de clasificación del sistema unificado **(Ver Anexo10)**, la mayor parte de la vía de estudio se encuentra sobre gravas arcillosas con un porcentaje de 52.8 % mientras que el 47.2 % s encuentra repartido en arcillas de plasticidad baja, arenas arcillosas, arenas limosas, gravas limosas, gravas bien graduadas y limos.

Clasificación AASHTO:

De acuerdo a la interpretación con la tabla de la clasificación **AASHTO**, de los resultados obtenidos en el laboratorio se obtuvo lo siguiente.

A-2-6= Gravas arcillosas 27,8%

A-7-6= Limos 25,93%

A-6= Arcilla limosa de baja plasticidad 25,93%

A-2-4= Gravas limosas 10,19%

A-2-7= arenas limosas 6,48%

A-4= Arcilla de baja plasticidad 1,85%

A-1-b= Arena gruesa muy gravosa 1,85%

Según la tabla de la clasificación AASHTO ***(Ver Anexo 11)***, La vía de estudio se construirá sobre gravas de baja permeabilidad, las cuales son buenas como base.

Luego de la interpretación de los resultados obtenidos en el laboratorio y correlación con las tablas de la SUCS y AASHTO se elaboró un mapa de suelos que se encuentra dividido en tramos **(Ver Anexo 12 Mapa N˚10)**.

Para la determinación del CBR del terreno donde se construirá la vía que estará sometido a presiones de estructuras lineales, correlacionando las tablas de la Clasificación y uso del suelo según el valor del CBR **(Tabla N^{0}8)** y la interpretación de los de DCP y CBR **(Tabla N^0 9).**

Tabla 8. Clasificación y uso del suelo según el valor del CBR.

CBR	CLASIFICACIÓN CUANTITATIVA DEL SUELO	USO
2 a 5	MUY MALA	Sub - rasante
5 a 8	MALA	Sub - rasante
8 a 20	REGULAR - BUENA	Sub - rasante
20 a 30	EXCELENTE	Sub - rasante
30 a 60	BUENA	Sub - base
60 a 80	BUENA	Base
80 a 100	EXCELENTE	Base

Fuente. AssisA., 1988

Tabla 9. Interpretación de resultados de DCP y CBR

# Muestra	ABSCISA Km	DCP mm/Golpe	CBR	DCP	DCP 90%
1	00+010.00	317	48	48.0	43.2
2	00+570.00	306	62	27.0	24.3
3	00+800.00	805	26	26.0	23.4
4	01+360.00	380	14	14.0	12.6
5	01+910.00	316	33	23.0	20.7
6	02+600.00	572	4	4.0	3.6
7	03+170.00			100.0	90.0
8	03+520.00	385	28	28.0	25.2
9	03+950.00	166	67	67.0	60.3
10	04+460.00	560	26	26.0	23.4
11	05+040.00	740	14	14.0	12.6
12	05+610.00	600	58	58.0	52.2
13	06+110.00	210	65	65.0	58.5
14	06+480.00	667	9	9.0	8.1
15	07+060.00	150	15	23.0	20.7
16	07+470.00	640	22	22.0	19.8
17	07+910.00	260	28	28.0	25.2
18	08+420.00	360	22	22.0	19.8
19	09+040.00	504	28	28.0	25.2
20	09+550.00	325	32	32.0	28.8
21	09+940.00	276	41	20.0	18.0
22	10+460.00	167	82	35.0	31.5

23	11+040.00	341	21	21.0	18.9
24	11+441.00	821	23	23.0	20.7
25	11+730.00	122	37	22.0	19.8
26	12+040.00	530	27	27.0	24.3
27	12+540.00	300	22	22.0	19.8
28	12+990.00	352	27	27.0	24.3
29	13+440.00	120	64	64.0	57.6
30	14+040.00	456	23	23.0	20.7
31	14+520.00	94	32	95.0	85.5
32	14+970.00	253	37	37.0	33.3
33	15+510.00	181	45	34.0	30.6
34	16+020.00	315	29	29.0	26.1
35	16+550.00	90	74	74.0	66.6
36	17+000.00	101	100	100.0	90.0
37	17+340.00			100.0	90.0
38	17+760.00	343	41	41.0	36.9
39	18+300.00	100	64	64.0	57.6
40	18+600.00	190	32	32.0	28.8
41	19+100.00	410	10	10.0	9.0
42	19+530.00	286	56	56.0	50.4
43	20+000.00	77	100	100.0	90.0
44	20+490.00	815	16	16.0	14.4
45	20+950.00	310	36	36.0	32.4
46	21+360.00	811	18	18.0	16.2
47	21+840.00	832	23	23.0	20.7
48	22+360.00	95	79	79.0	71.1
49	22+800.00	810	26	26.0	23.4
50	23+310.00	121	94	94.0	84.6
51	23+860.00	84	100	26.0	23.4
52	24+290.00	79	90	90.0	81.0
53	24+840.00	840	18	18.0	16.2
54	25+330.00	814	22	22.0	19.8
55	25+570.00	379	14	7.0	6.3
56	26+210.00	827	18	18.0	16.2

Fuente. Resultados del laboratorio del Ing. Ovidio Woltaire Castillo.
Interpretación y adecuación. El Autor.

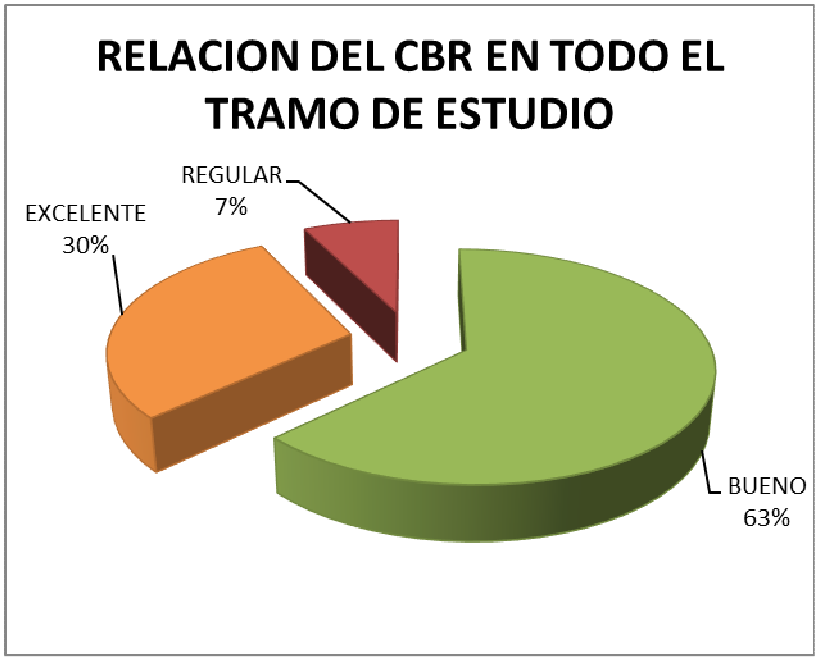
Tabla 10. Resultados del CBR y su clasificación cuantitativa.

ABSCISA	% , CBR	CLASIFICACIÓN
Km 0+000	48	BUENO
Km 1+000	33	BUENO
Km 2+000	67	EXCELENTE
Km 3+000	9	REGULAR
Km 4+000	22	BUENO
Km 5+000	82	EXCELENTE
Km 6+000	27	BUENO
Km 7+000	23	BUENO
Km 8+000	29	BUENO
Km 9+000	30	BUENO
Km 10+000	40	BUENO
Km 11+000	35	BUENO
Km 12+000	30	BUENO
Km 13+000	27	BUENO
Km 14+000	25	BUENO
Km 15+000	37	BUENO
Km 16+000	29	BUENO
Km 17+000	100	EXCELENTE
Km 18+000	64	EXCELENTE
Km 19+000	10	REGULAR
Km 20+000	100	EXCELENTE
Km 21+000	36	BUENO
Km 22+000	70	EXCELENTE
Km 23+000	90	EXCELENTE
Km 24+000	90	EXCELENTE
Km 25+000	22	BUENO
Km 26+000	18	BUENO

Fuente. El Autor.

Sobre un cálculo estadístico se determinó la calidad del CBR en porcentaje de todo el tramo de la vía de estudio el mismo que se evidencia en el gráfico 4

Gráfico 4. Interpretación porcentual de la resistencia del tramo de estudio sobre la base del CBR.



Fuente. El Autor.

De la interpretación de las tablas con datos estadísticos se puede describir cuantitativamente que la vía de estudio presenta un CBR con el 7% de condiciones regulares, el 63% buenas y el 30% excelentes.

Con la determinación de estos resultados se puede evidenciar que el sector a construir la vía presenta un terreno con condiciones buenas a excelentes para las diferentes construcciones ingenieriles siendo las principales la base y sub-base.

5.5. Caracterización del Macizo Rocoso.

El propósito de definir el valor del RMR del macizo rocoso, es cuantificar su calidad, determinar sus propiedades para la construcción de obras de ingeniería, así como también proporcionar las bases para las condiciones que presenta las estructura y recomendar procedimientos adecuados de refuerzo.

5.5.1. Descripción y Ubicación del Afloramiento.

Se define la ficha técnica del sector de estudio con el fin de ubicar y relacionar técnicamente los parámetros de caracterización geológica (**Fotografía N^0 15)**.

Tabla 11. Descripción del macizo rocoso en el afloramiento de roca andesita en sector La Victoria.

FICHA TÉCNICA	
DATOS	**ESPECIFICACIÓN**
Ubicación:	Cantón Macara.
Ubicación en la Vía	A 1.94 Km del sector La Victoria.
Objetivo	Cálculo del FS para diseño de talud.
Condición Visual del Macizo en el Campo.	Macizo Estable Andesitas y tobas andesìticas con presencia de grietas (joint set).
Litología.	Andesitas y tobas andesíticas de la Formación Celica. Suelos residuales en superficie y cabecera de talud
Coordenadas.	X = 633320 Y = 9510390

Fuente. El Autor

Fotografía N^0 15. Afloramiento de roca andesita con presencia de fracturas. Sector La Victoria.

5.5.1.1. Resistencia de la Roca Inalterada.

Con los resultados obtenidos en el laboratorio **(Ver Anexo 13),** se realiza de acuerdo a Bieniawski que la clasificación de la resistencia a la compresión uniaxial de la roca que proponen Deere y Miller[25] y que se señala en el **Cuadro7.** Para el sector de estudio se tomaron los valores de resistencia a la compresión simple presentados como resultado de ensayos de laboratorio. Los resultados indican los siguientes valores en muestreo de roca:

Datos del laboratorio de la Roca Andesita:

- Resistencia: 1914,51 kgrf/cm^2
- Densidad húmeda: 2,887 gr/cm^3
- Densidad seca: 2,885 gr/cm^3
- Porosidad N: <21%
- Clasificación Deere/ Miller: Roca de resistencia alta

[25] Suelos y Pavimentos Laboratorio. 2012. Jiménez Ramiro, Ing. Laboratorista y Songor José, Ing. Responsable Geotécnico. Loja.

Cuadro 7. Clasificación de la resistencia de roca inalterada de Deere y Miller.

Resistencia a la Compresión Uniaxial				
Descripción de la resistencia:	**Lbr/pulg^2**	**Kgr.f/cm^2**	**MPa**	**Ejemplos de roca característica**
Muy baja	150 - 3500	10 - 250	1 – 25	Yeso, sal de roca
Baja	3500 – 7500	250 – 500	25 – 50	Carbón, limolita, esquisto
Media	7500 – 15000	500 – 1000	50 – 100	Arenisca, pizarra, lutita
Alta	15000 - 30000	1000 – 2000	100 - 200	Mármol, granito, andesita, gneiss
Muy alta	> 30000	> 2000	> 200	Cuarcita, dolerita, gabro, basalto

Fuente. Suelos y Pavimentos Laboratorio. 2012. Jiménez Ramiro, Ing. Lalaboratorista y Songor José, Ing. Responsable Geotécnico. Loja.

5.5.1.2. Determinación del RQD.

Para la determinación del RQD se basa en la recolección de datos en el campo llenando la ficha de "Caracterización del Macizo Rocoso" ***(Ver Anexo 14).***

Estimación de Jv (Número de discontinuidades)

Para determinar Jv se cuenta el número de discontinuidades por metro cúbico.

En el afloramiento de roca andesita se visualizaron 6 discontinuidades (**Fotografía N^{0}16).**

Fotografía N^{0}16. Diaclasas en 1m^3 en el macizo.

Jv= 5 grietas/m^3

RQD= 115-3.3XJv

RQD= 115-3.3X (6)

RQD= 115-19.8

RQD= 95.2%

A continuación se determina los resultados para la clasificación RMR en el afloramiento de roca andesita, en base a los cuales se obtiene parámetros cuantitativos útiles a la obra ingenieril. Además, esta fase se desarrolla a lo largo de todas las etapas comprendidas en el proyecto, es decir desde el diseño, durante la construcción y en la fase de operación. En la fase de diseño se necesita un nivel de caracterización mínima.

Tabla 12. Determinación la clasificación RMR: Andesita.

DESCRIPCIÓN			
ROCA	**PARÁMETROS**	**VALOR**	**VALORACIÓN**
ANDESITA	Resistencia a la compresión (Kgrf/cm^2)	1914,51	12
	RQD (%)	95.2 %	20
	Separación entre diaclasas (mm)	0.6-2m	20
	Estado de las fisuras	Longitud < 1m Abertura 1-2mm Ligeramente Rugosa Vacía Sin alteración	6 5 5 6 6
	Estado del agua	Seco	10
			90
AJUSTE	Orientación de la fractura	Medianamente desfavorable β 45º a 90º	-25
			65

Fuente: El Autor

Utilizando el cuadro número 6 (Clases de macizo rocoso), la roca es de tipo 2, que equivale a buena, tiene una cohesión entre 2-3 Kg/cm^2 y un ángulo de fricción interna de 45 grados.

5.6. Factor de Seguridad del Talud Inestable

Para determinar el factor de seguridad se aplica el método de rotura planar y el método de ábaco se procede a aplicar estos métodos por el tipo de roca y las condiciones que presenta el terreno, para la determinación del factor de seguridad se tomaron datos y mediciones en campo con es el levantamiento topográfico y posterior se realizaron perfiles de los sectores escogidos **(Ver Anexo 15 Mapa 11).**

a. Método de Ábacos

Se calcula el factor de seguridad por este método en el sector El Coco ya que se evidencia las condiciones y material favorables para producirse movimientos en masa con características para aplicar este método **(Figura 5).**

Datos:

H= 30 m

C=25Tn/m^2

γ=2.6 Kg/m^3

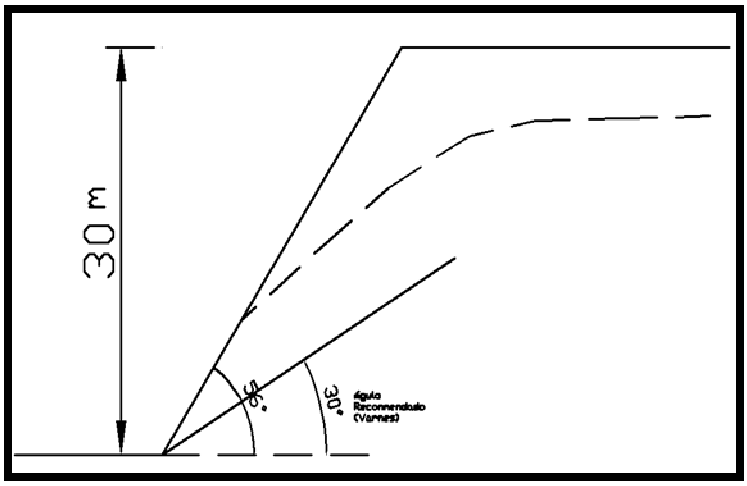
θ =43^0

ψ =56^0

R1=?

Fs=?

Figura 4. Datos del deslizamiento.



Fuente. El Autor.

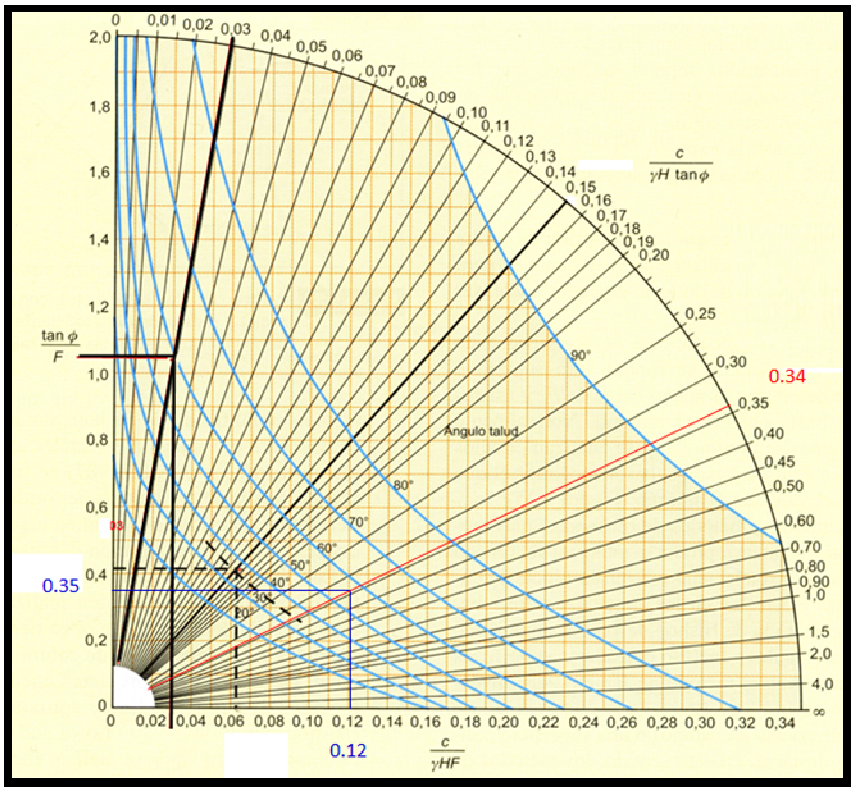
Aplicación de las fórmulas:

$$R1 = \frac{C'}{\gamma * H * Tan\theta} \quad (1)$$

$$R1 = \frac{25\ \mathrm{Tn/m2}}{2.6\ \frac{Tn}{m3} * 30m * tan43}$$

$$R1 = \frac{25}{43305} = 0.577$$

Figura 5. Ábaco para el cálculo del factor de seguridad.



Fuente. Método de ábacos de Hoek y Bray, 1977

$$X = \frac{c'}{\gamma * H * Fs} \quad (3)$$

$$Fs = \frac{25\text{Tn/m2}}{2.6\text{Tn/m3} * 30 * 0.12} = 2.6$$

$$Y = \frac{Tan\theta}{Fs} \quad (2)$$

$$Fs = \frac{\text{Tan } 43^0}{0,35} = 2.6$$

b. Método de Rotura Planar

Se calcula el factor de seguridad por este método en el sector La Victoria ya que se evidencia las condiciones y material favorables para producirse movimientos en masa con características para aplicar este método.

Se realiza una gráfica de sensibilidad con relación a posibles alturas de taludes en la vía de estudio **(Figura 7)**.

Datos:

H= 15 m

$\varphi t=75^0$

$\varphi p=30^0$ (recomendado por Varnes)

Z= 4 m

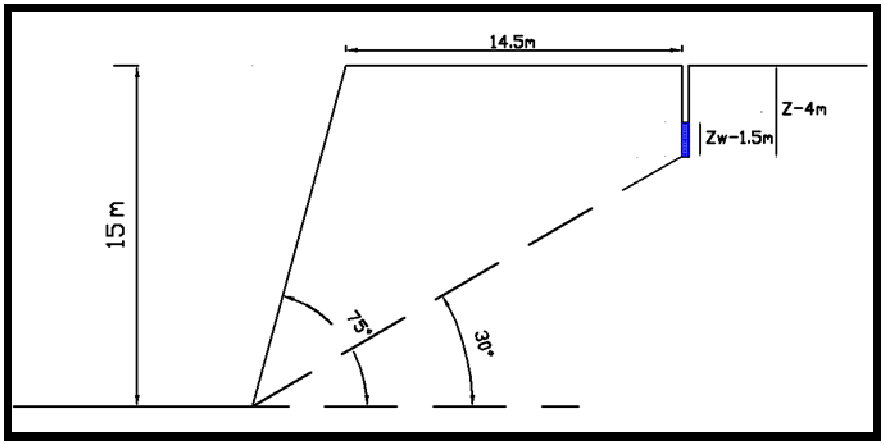
Z_W= 1.5 m

c'= 95.72 KN/m^2

γ= 28.8 KN/m^3

γ_w= 9,81 KN/m^3

Figura 6. Datos del deslizamiento.



Fuente. El Autor.

Paso 1. Cálculo de la Resultante A.

$$A = \frac{H - Z}{\text{sen } \psi p}$$

$$A = \frac{15m - 4m}{\text{sen } 30^0}$$

$$A = \frac{11m}{0,5}$$

$$A = 22m$$

Paso 2. Cálculo de la Resultante *u*.

$$U = \frac{1}{2} * \gamma w * Zw\left(\frac{H - Z}{Sen\ \psi p}\right)$$

$$U = \frac{1}{2} * 9{,}81\ {}^{KN}/_{\cancel{m^2}} * 1.5\ \cancel{m} * 22\ \cancel{m}$$

$$U = 161.87\ {}^{KN}/_{m}$$

Paso 3. Cálculo de la Resultante V.

$$V = \frac{1}{2} * \gamma w * Zw^2$$

$$V = \frac{1}{2} * 9{,}81\ {}^{KN}/_{\cancel{m^2}} * (1.5m)^2$$

$$V = \frac{1}{2} * 9{,}81\ {}^{KN}/_{\cancel{m^2}} * 2.25\ \cancel{m^2}$$

$$V = 11.036\ {}^{KN}/_{m}$$

Paso 4. Cálculo del Peso *W*

$$W = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * \left[\frac{1 - \left(\frac{Z}{H}\right)^2}{\tan \psi p} - \frac{1}{\text{tang}\ \psi t}\right]$$

$$W = \frac{1}{2} * 28.8\, {}^{KN}/_{m^3} * (15m)^2 * \left[\frac{1 - \left(\frac{4m}{15m}\right)^2}{\tan 30^0} - \frac{1}{\text{tang}\ 75^0}\right]$$

$$W = 3240\, {}^{NK}/_{m} \left[\frac{1 - 0.0711}{0.57} - \frac{1}{3.73}\right]$$

$$W = 3240\, {}^{KN}/_{m} * \left[\frac{0.929}{0.57} - \frac{1}{3.73}\right]$$

$$W = 8\,045{,}9313\, {}^{KN}/_{m} * (1{,}609 - 0{,}268)$$

$$W = 8\,045{,}9313\, {}^{KN}/_{m} * 1.341$$

$$W = 4344.640\, {}^{KN}/_{m}$$

Paso 5. Cálculo del Factor de Seguridad

$$FS = \frac{c' * A + (W.\cos\psi p - U - V * \text{sen}\ \psi p) * \tan\psi p}{W * \text{sen}\psi p + V * \cos\psi p}$$

$$FS = \frac{95.72\ {}^{KN}/_{m^2} * 22m + (4344.460\ {}^{KN}/_{m}.\cos 30^0 - 161.87 - 11.036\ {}^{KN}/_{m} * \text{sen}\ 30^0) * \tan 30^0}{3278.57\ {}^{KN}/_{m} * \text{sen}30^0 + 11.036\ {}^{KN}/_{m} * \cos 30^0}$$

$$FS = \frac{2106.5\ {}^{KN}/_{m} + (3762.413\ {}^{KN}/_{m} - 161.87\ {}^{KN}/_{m} - 5.52\ {}^{KN}/_{m}) * 0{,}57}{1639.29\ {}^{KN}/_{m} + 9.56\ {}^{KN}/_{m}}$$

$$FS = \frac{2106.5\ {}^{KN}/_{m} + (3595.0828\ {}^{KN}/_{m}) * 0{,}57}{1648.84\ {}^{KN}/_{m}}$$

$$FS = \frac{4182.122\ {}^{KN}/_{m}}{1648.84\ {}^{KN}/_{m}}$$

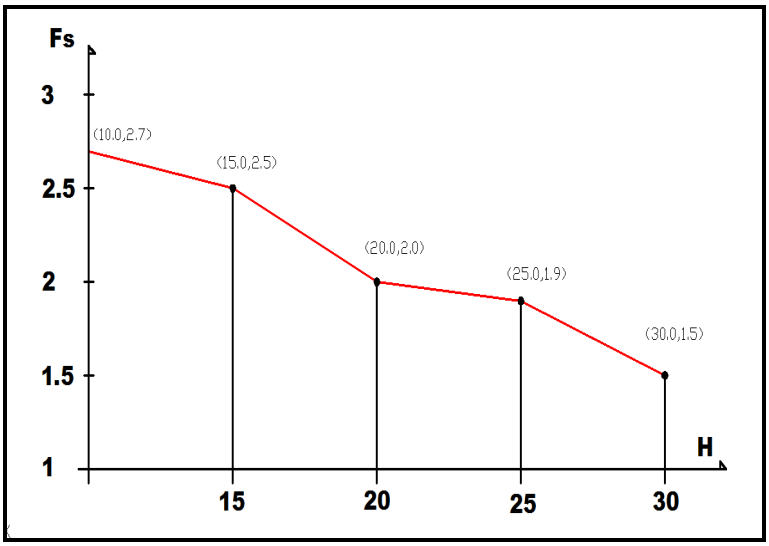
$$FS = 2.5$$

Tabla 13. Gráfica de Sensibilidad de Taludes

H	10	15	20	25	30
Fs	2.7	2.5	2	2.9	1.5

Fuente. El Autor.

Figura 7. Gráfica de sensibilidad.



Fuente. El Autor.

Luego de los cálculos en las diferentes operaciones y tomando como el más factible el método de la rotura planar por el tipo de material que existe en el sector de estudio podemos evidenciar que con una altura de talud de 15 m tenemos un factor de seguridad 2.5 **(Tabla 13)** que al momento de construir los taludes van a ser estables.

Se realizó una gráfica de sensibilidad con diferentes alturas de taludes como podemos evidenciar en la (**Figura 7)** que nos indica que a menor altura los taludes van aumentar su factores de seguridad haciéndolos más estables y a mayor altura los taludes disminuyen su factor de seguridad por ende disminuye su estabilidad.

6.6. Identificación de Canteras

El reconocimiento de fuentes de aprovisionamiento de materiales para la obra, se realizó a lo largo del sector de estudio, habiéndose ubicado depósitos de materiales aluviales, apropiados para los procesos de explotación. Las muestras de estos materiales fueron remitidas al laboratorio para los exámenes respectivos, con la finalidad de determinar su calidad para ser empleados en las diferentes obras necesarias para la rehabilitación de la vía a construir.

Propiedades de los materiales encontrados en las dos posibles canteras.

Mina Río Sabiango – Sector El Limón

Se encuentra ubicada dentro del trayecto de la vía en estudio en el Cantón Macará en el sitio puente El Limón (**Fotografía N^0 17)**, al lado izquierdo de la vía La Bocana El Limón, N=9514224 E=622827 y ELEV= 506 m.s.n.m.; a una distancia aproximada de 0.5 kilómetros; Para la explotación del material en este sitio se tienen extensas playas con facilidad de acceso para la maquinaria y vehículos para el transporte del material.

Fotografía N^0 17. Mina río Sabiango.

Con el levantamiento topográfico **(Ver Anexo 16 Mapa 12)** realizado se determina una área de 6.052,00 m^2 y se estima una potencia +-3m de material gravo-arenoso con contenido de arena fina con limo. Los fragmentos tienen forma sub-redondeada a redondeada.

Dentro de la clasificación del Sistema Unificado SUCS, el material encontrado ha sido identificado como GW-GP **(Anexo 10)**y por el sistema de la AASHTO como A-1-a **(Anexo 11)**, los parámetros técnicos de los materiales se observan en la **Tabla14.**

Realizando el método del promedio aritmético que es área por potencia se tiene un volumen de material aproximado 25842 m^3.

Mina Río Calvas – Sector Bocana

Se encuentra ubicada dentro del trayecto de la vía en estudio en el Cantón Macará en el sector la Bocana (**Fotografía N^0 18)**, al lado derecho de la vía La Bocana – La Victoria, X=628140, Y=9507000, Z= 526; a una distancia aproximada de 0.3 kilómetros; Para la explotación del material en este sitio se tienen playas con facilidad de acceso para la maquinaria y vehículos para el transporte del material.

Fotografía N^0 18. Mina río Calvas.

Con el levantamiento topográfico **(Ver Anexo 17 Mapa 13)** realizado se determina una área de 11.843,00 m^2 y se estima una potencia +-3m de material gravo-arenoso con contenido de arena fina con limo. Los fragmentos tienen forma sub-redondeada a redondeada.

Dentro de la clasificación del Sistema Unificado SUCS, el material encontrado ha sido identificado como GW-GP **(Anexo 10)** y por el sistema de la AASHTO como A-1-a **(Anexo 11)**, los parámetros técnicos de los materiales se observan en la **Tabla14.**

Realizando el método del promedio aritmético que es área por potencia se tiene un volumen de material aproximado 35529 m^3.

Tabla 14. Resultado de laboratorio del material de las canteras.

USO	CANTERA	PROF.	BRASION	L. L. %	L.P. %	I. P %	GRAVA %	ARENA %	FINOS %	CLASIFICA SUCS	CLASIFIC AASHTO	H. OPTIMA %	COMPACTACION Kg/m3	C.B.R. 100%	SULFAG	SULGAFINO
BASE	Río Sabiango	CANTERA	16,00	NP	NP	NP	68,13	29,57	2,3	GW/GP	A-1-a	6,80	2260	82	3	10,8
S-BASE	Río Calvas	CANTERA	16,01	NP	NP	NP	68,16	29,6	2,4	GW/WP	A-1-a	6,80	2260	82	3	10,8

Fuente. El Autor.

DISCUSIÓN

6. DISCUSIÓN.

La discusión se basa, entre otros, en dos informes preexistentes principalmente: 1) Estudio geológico y Diseños Definitivos a Nivel de la Carpeta Asfáltica de la Vía: Pitayo – La Victoria – La Bocana – El Limón, 2012 y 2) Estudio de Impacto Ambiental Ex – Ante y Plan de Manejo del Proyecto "Ampliación y Mejoramiento de la vía Pitayo – La Victoria – La Bocana – El Limón, del cantón Macará, provincia de Loja", 2012.

Durante el desarrollo de esta tesis se determinó la importancia de realizar un estudio geológico – geotécnico ya que como lo describe el Ing. Carlomagno Chamba, en el Estudio geológico y Diseños Definitivos a Nivel de la Carpeta Asfáltica de la Vía: Pitayo - La Victoria - La Bocana - El Limón, 2012. El propósito de este trabajo es determinar el tipo de material y sus propiedades físicas mecánicas que existe a lo largo de toda la vía de estudio. A continuación se presentan los resultados más detallados.

La vía en estudio que conecta los poblados de El Limón, El Carmen, Santo Cristo, El Coco, Vega Masa, La Bocana estos sectores se encuentran en el límite fronterizo, siguiendo la vía se encuentra los sectores de Angashcola, Almendro Paltos, Almendro Norte, Casa Vieja y la Victoria, mismos que pertenecen a las parroquias de Macará y La Victoria del cantón Macará y provincia de Loja estos asentamientos humanos que hacen uso en la vía de estudio topográficamente se encuentran sobre cotas superiores a 400 m.s.n.m. e inferiores a 2400 m.s.n.m. esto ha dado lugar a la formación hídrica de drenajes menores con formas paralelas comunes en dependencia a la topografía y factores endógenos como es la temperatura y precipitaciones. Se encuentran temperaturas de 20 a 22 grados cubriendo gran mayoría de la zona de estudio, se registran rangos de precipitaciones menores a 1250 mm/año y mayores a 750 mm/año como también lo indican en el Estudio de Impacto Ambiental Ex – Ante y Plan de Manejo del Proyecto "Ampliación y Mejoramiento de la vía Pitayo – La Victoria – La Bocana – El Limón, del cantón Macará, provincia de Loja", 2012.

Tomando en cuenta los elementos mencionados anteriormente y que el consecuente de la interacción entre estos como elementos activos y pasivos es la formación de unidades

geomorfológicas que caracterizan el sector en estudio o predominando tres unidades geomorfológicas como son las llanuras aluviales encontradas en la parte más baja de la zona de estudio producto de la acción de pequeños y grades afluentes pertenecientes la cuenca de río Catamayo cubriendo toda el área de estudio, encontrando también zonas de pre-montañas moderadamente diseccionadas en las partes altas de la zona de estudio así como montañas medias altamente diseccionadas en las parte final de la vía como describe en el Estudio de Impacto Ambiental Ex – Ante y Plan de Manejo del Proyecto "Ampliación y Mejoramiento de la vía Pitayo – La Victoria – La Bocana – El Limón, del cantón Macará, provincia de Loja", 2012.

Las características geológicas obtenidas mediante el trabajo de campo realizado a través de la descripción de cinco afloramientos y mediante el análisis de las muestras recolectadas, se puede observar una geología compuesta principalmente por andesitas de color verdoso pertenecientes a la formación Celica, tobas andesíticas y aluviales recientes a las riveras de los ríos , mediante las vistas de campo se puedo evidenciar que en el sector estudiado existe una geología no muy compleja, determinando que en el sector El Limón se observa andesitas y tobas andesíticas de una tonalidad verdosa en el Río Sabiango se encuentra aluviales arrastrados por la corriente del mismo. En el Barrio Vega-Masa se observa la presencia de dos fallas geológicas paralelas que se encuentran perpendiculares a la vía que se presume son derivaciones producto de fallas regionales como la falla Piñas Portovelo como lo indica el geólogo Agustín Paladines en el libro Geología del Ecuador, en este sitio se encuentra aflorando la roca andesita y tobas andesíticas las cuales se hallan cohesionadas y compactas con una tonalidad verdosa con presencia de desclasamiento como lo indica el ing. Carlomagno Chamba en el estudio geológico de la vía Pitayo – La Victoria – La Bocana – El Limón, del cantón Macará, provincia de Loja", 2012.En el sector de la Quebrada Linderos se presume una falla inferida perpendicular a la vía, se evidencia material aluviales compuestos por grava de cantos redondeados de tamaño pequeño y arena de grano medio, existe afloramientos de roca andesita de coloración gris las cuales presentan fracturas. En el sector La Bocana se observa aluviales producto de la meteorización de la roca madre, arrastrado por la Quebrada Angashcola, el material está compuesto por grava con cantos redondeados de tamaño mediano a pequeño y arena de grano medio, también afloran

andesitas y tobas andesíticas con una tonalidad gris a café, las cuales se hallan fracturadas. A lo largo de la mayor parte de la vía se observa los aluviales y coluviales asentados sobre la formación Celica debido a los arrastres del rio Calvas, compuesto por grava de cantos redondeados de varios tamaños, también consta de gravilla y arena de grano medio a fino, aflorando en diferentes partes roca andesita y toba andesíticas. En el sector Palto Alto se observa aluviales en el cual se encuentran arenas, grabas y cantos rodados de diferentes tamaños llegando a medir más de un metro producto de la meteorización de la roca madre de la formación Celica por el arrastre de la Quebrada Palto Alto. En el Sector La Victoria aflora la formación Celica en este afloramiento la roca andesita de color verde oscuro se encuentra fuertemente fracturada debido al diaclasamiento en varias direcciones. Todo lo descrito se puede evidenciar con mayor precisión en el mapa de geología a detalle **Ver Anexo Nº 9.**

En la mayoría de los afloramientos observados en los cortes de la vía se identifican suelos residuales producto de agentes meteorizantes a los cuales está expuesto el macizo rocoso, a este tipo de suelos por tratarse de suelos poco compactos y poco cohesivos se procedió a su respectivo análisis geotécnico mediante 52 calicatas de las cuales se tomó una muestra de cada una, y se determinó el contenido de humedad, límite líquido, límite plástico, granulometría, clasificación SUCS y AASHTO, lo cual dio como resultado que a lo largo del Canal de Riego Macará se encuentra en mayor cantidad gravas arcillosas y en menor cantidad arenas limosas, gravas limosas y limos como lo describe el Ing. José Songor responsable geotécnico Estudio Geotécnico y Diseños Definitivos a Nivel de la Carpeta Asfáltica de la Vía: Pitayo – La Victoria – La Bocana – El Limón, 2012 .

El CBR se realizó utilizando la correlación tabular de los resultados del índice DCP con los cuales se evidenció que el terreno en el que se encuentra la vía de estudio muestra un CBR bueno, y sirve como sub base para dicha estructura.

De la interpretación de las tablas con datos estadísticos se puede describir cuantitativamente que la vía de estudio presenta un CBR con el 7% de condiciones regulares, el 63% buenas y el 30% excelentes.

Con la determinación de estos resultados se puede evidenciar que el sector a construir la vía presenta un terreno con condiciones buenas a excelentes para las diferentes construcciones ingenieriles siendo las principales la base y sub-base.

La clasificación geomecánica de Bienasky se realizó con la ayuda de la ficha de caracterización de macizo rocoso y se determinó que el tipo de roca es II, cuyo equivalente es bueno, lo que permitirá que la vía a construir sea en un lugar estable.

Para determinar el factor de seguridad se escogió lugares estratégicos donde se puedan dar posibles movimientos en masa, a continuación se escogió el método a ser utilizando tomando en cuenta el tipo de material. En el sector El Coco se calculó por el método de Ábacos dando como resultado un factor de seguridad de 2.6, en el sector La Victoria se calculó por el método de rotura planar dando como resultado un factor de seguridad de 2.5. Luego de los cálculos en las diferentes operaciones y tomando como el más factible el método de la rotura planar por el tipo de material que existe en el sector de estudio podemos evidenciar que con una altura de talud de 15 m. tenemos un factor de seguridad 2.5 **(Tabla 13)** que al momento de construir los taludes van a ser estables. Se realizó una gráfica de sensibilidad con diferentes alturas de taludes como podemos evidenciar en la (**Figura 7)** que nos indica que a menor altura los taludes van aumentar su factores de seguridad haciéndolos más estables y a mayor altura los taludes disminuyen su factor de seguridad por ende disminuye su estabilidad.

En lo referente a la determinación de posibles sitios de extracción de material para la construcción de la base y sub-base de la vía a construir se escogieron dos lugares los mismos que se les hizo el levantamiento topográfico y para el cálculo del material se realizó por el método del promedio aritmético, el primero lugar de extracción es cerca al puente del Río Sabiango en el Sector El Limón que se le calculó una reserva +- 25842 m^3 el segundo en el Río Calvas en el sector La Bocana determinando una reserva de +- 35523 m^3. dentro de la clasificación del Sistema Unificado SUCS, el material encontrado ha sido identificado como GW-GP **(Anexo 10)** y por el sistema de la AASHTO como A-1-a **(Anexo 11)**, los parámetros técnicos de los materiales se observan en la **Tabla14.**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7. CONCLUSIONES.

- La topografía de la vía de interés presenta pendientes accidentadas que varían desde los 500 m.s.n.m. hasta los 1400 m.s.n.m., comprendiendo desniveles de 21 m descendentemente en el tramo El Limón-La Bocana, y en sentido ascendente con 932 m para el tramo La Bocana-La Victoria, se aprecia una morfología de montañas medias, llanuras aluviales con drenajes irregulares y quebradas principales

- Geológicamente se determinó que la vía El Limón-La Bocana-La Victoria se encuentra sobre la Formación Celica, litológicamente a lo largo de la vía de estudio se pudo evidenciar la presencia de roca andesítica compactada con presencia de poco diaclasamiento, presenta un color gris oscuro a café y sobre la misma se encuentran descansando suelos residuales areno-arcillosos. Además existe la presencia de material aluvial constituido por arena y cantos redondeados que van desde 0.5 cm hasta los 30 cm de diámetro, esto debido a la presencia del río Calvas.

- Para la determinación del tipo de suelos se realizó 45 sondeos a lo largo de la vía de estudio, estos resultados fueron analizados y clasificados obteniendo 8 clases de suelos de acuerdo al Método SUCS y 7 clases de suelos de acuerdo al método AASHTO, resultados que fueron analizados e interpretados, dando como resultado final por ambos métodos que la mayor parte de la vía se encuentra constituida por gravas arcillosas y en menor porcentaje arcillas de plasticidad baja, arenas arcillosas, arenas limosas, gravas limosas, gravas bien graduadas y limos.

- Para la determinación de las propiedades geo-mecánicas del suelo se realizó 27 sondeos a lo largo de la vía, entre intervalos de 1 Km, y se pudo determinar que el 7% de la vía presenta condiciones regulares, el 63% buenas y el 30% excelentes, teniendo como resultados finales la presencia de condiciones buenas a excelentes del suelo para las diferentes construcciones ingenieriles de la vía.

- La determinación de las características geo-mecánicas de la roca indica que es de tipo I, que equivale a una roca muy buena con un RQD (Rock Quality Designation) de 95.2 %.

- El cálculo del factor de seguridad determinó que al momento que se construya los taludes en los diferentes tramos de la vía con un ángulo de 75 grados y con alturas que varíen de 5 a 30 metros se tendrá un factor de seguridad de 1.5 a 2.7 que se lo consideraría como estables.

- Se determinó dos posibles sitios de extracción de material que pueden ser utilizados para mejoramiento de la base y sub-base de la vía sobre las playas de los ríos Sabiango y Calvas, con volúmenes de 25842 m^3 y 35529 m^3 respectivamente, que se encuentran al margen derecho de la vía en dirección El Limón-La Bocana lo que minimizará costos durante la construcción de la vía.

8. RECOMENDACIONES

- Tomar en cuenta características topográficas e hidrológicas específicas sobre el margen de recarga de agua de la vía para implementación de diseños de drenaje y alcantarillado de esta.

- Que se realice la determinación de la calidad del macizo rocoso en intervalos de 1Km debido a que el 90% del sector donde se construirá se encuentra sobre roca.

- En estudios futuros de este tipo realizar una clasificación de Bienasky como una característica geo-mecánica de la roca para conocer particularidades de comportamientos especiales en proceso constructivo y post-constructivo de la vía.

- Para elevar el valor del factor de seguridad en los diferentes taludes que se modificarán a lo largo de la vía, sobre estos se deberán construir drenes, colocar pernos, mallas y hormigón lanzado en dependencia de las características del talud.

- Complementar estos estudios (geotécnicos) mediante análisis geofísicos sobre taludes considerados de importancia y así conocer las posibles causas y soluciones para los fenómenos de remoción en masa.

- Realizar estudios de las propiedades físico-mecánico sobre todo la resistencia al desgaste, del material a extraerse de las playas de los ríos Sabiango y Calvas.

- Realizar un diseño de explotación específico para cada sitio de extracción de material para la vía tomando en cuenta las características físico-mecánicas del material a extraer.

9. BIBLIOGRAFÍA

LIBROS:

- **ABRIL, E.G., 2008:** Valoración geotécnica de macizos rocosos. Cátedra de Geotecnia I, Guías Didácticas de Laboratorio. Laboratorio Área Geotecnia (GeoLab), Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina – Serie I – No3.

- **DEERE U, Donald. Titulados provisionalmente:** Engineering Geology (Geología aplicada a la Ingeniería) y Rock Mechantes (Mecánica de las Rocas). Cita reproducida con la autorización de Prentice - Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, EE. UU.

- **DR. RODRÍGUEZ, Miguel Ángel:** Geomecánica Minera, Intercade Consultant
- Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales: Levantamiento y Carteo Geológico. 2004.

- **GARCÍA HERMOSO, Fernando. 2007. Geólogo:** Estudios Geotécnicos para Caminos Rurales.

- **GOBIERNO PROVINCIAL DE LOJA:** Estudio de Impacto Ambiental Ex – Ante y Plan de Manejo del Proyecto "Ampliación y Mejoramiento de la vía Pitayo – La Victoria – La Bocana – El Limón, del cantón Macará, provincia de Loja", Abril 2012. Ing. CCH. T.

- **GONZÁLEZ DE VALLEJO, Luis I., Ferrer Mercedes, Ortuño Luis, Oteo Carlos. 2006:** Ingeniería Geológica. Pearson Educación S.A, España, 715 páginas.

- **HERRERA RODRÍGUEZ, Fernando.** GEOTECNIA. Geólogo - Master en Ingeniería Geológica, U.C.M. 2000 pag.

- **KENNERLEY; J. B.:** Geología de la Provincia de Loja en la República del Ecuador. Inf. D.G.G.M., Quito, 1974.

- **PALADINES; A.:** Geología y Yacimientos Minerales del Ecuador, pág. 7.

- **QUEZADA; Robert Watson, 2006**: Diseño de Taludes. Ingeniero Geólogo, Profesor del Instituto Minero metalúrgico de Moa - Cuba.

- **SAGASETA, C. Introducción a la Geotecnia:** Tipos y Propiedades de los suelos. 2010.

- **SUARES DÍAZ; Jaime:** Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Cap. I-II.

- **SUÁREZ DÍAZ, Jaime.** Deslizamientos. Volumen 1: Análisis Geotécnico. 2009.

HOJAS CARTOGRÁFICAS:

- **IGM:** Hoja topográfica de la provincia de Loja. Macará Escala 1:50.000
- **INEMIN:** Hojas geológicas de Macará. Escala 1: 100.000

PDF:

- **BAÑÓN BLÁZQUEZ, Luis; BEVIÁ GARCÍA, José F.:** Manuales de Carreteras 1. PDF.

- **BRAJA; M. Das:** Fundamentos de ingeniería Geotécnica, California State University, Sacramento. PDF.

- **CHÁVEZ; Aliaga, JESÚS; Manuel:** Estudio Geológico – Geotécnico para la Rehabilitación de la Carretera Corral Quemado – Río Nieva Tramo I: Puerto Naranjitos – Pedro Ruiz., Tesis Digitales UNMSM. PDF.

- **GUDAYOL:** Geotecnia para Ingeniería Civil y Arquitectura, 2004. PDF.

- **Guía para la Interpretación de Cartografía Fotografía Aérea**, México. 2005. PDF.

- **LÓPEZ CANO; J. L.:** Métodos e Hipótesis Científicas. México, Editorial Trillas, 1980. PDF.

- **MIJAILOV, L.** 1985. Hidrogeología. Editorial Mir. Moscú, Rusia. 285 pag. PDF

- **ROJAS, G:** Geología Estructural. 2011. PDF

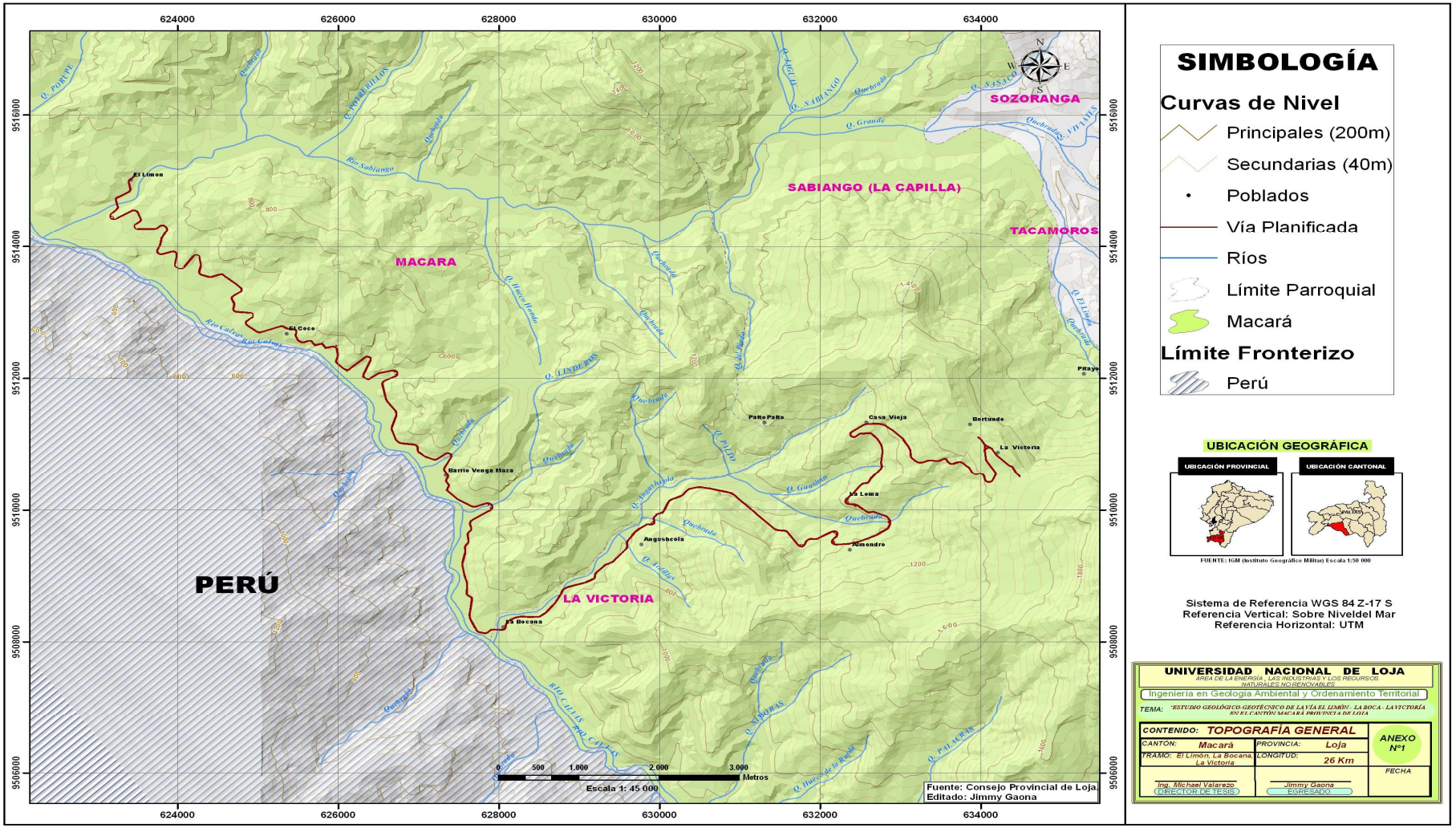
- **Universidad Autónoma Gabriel René Moreno:** Fundamentos de Geología. 2007. PDF.

- **WATSON QUESADA, Roberto:** Geotecnia aplicada. ISMM Moa - Cuba. 2005. PDF.

10. ANEXOS

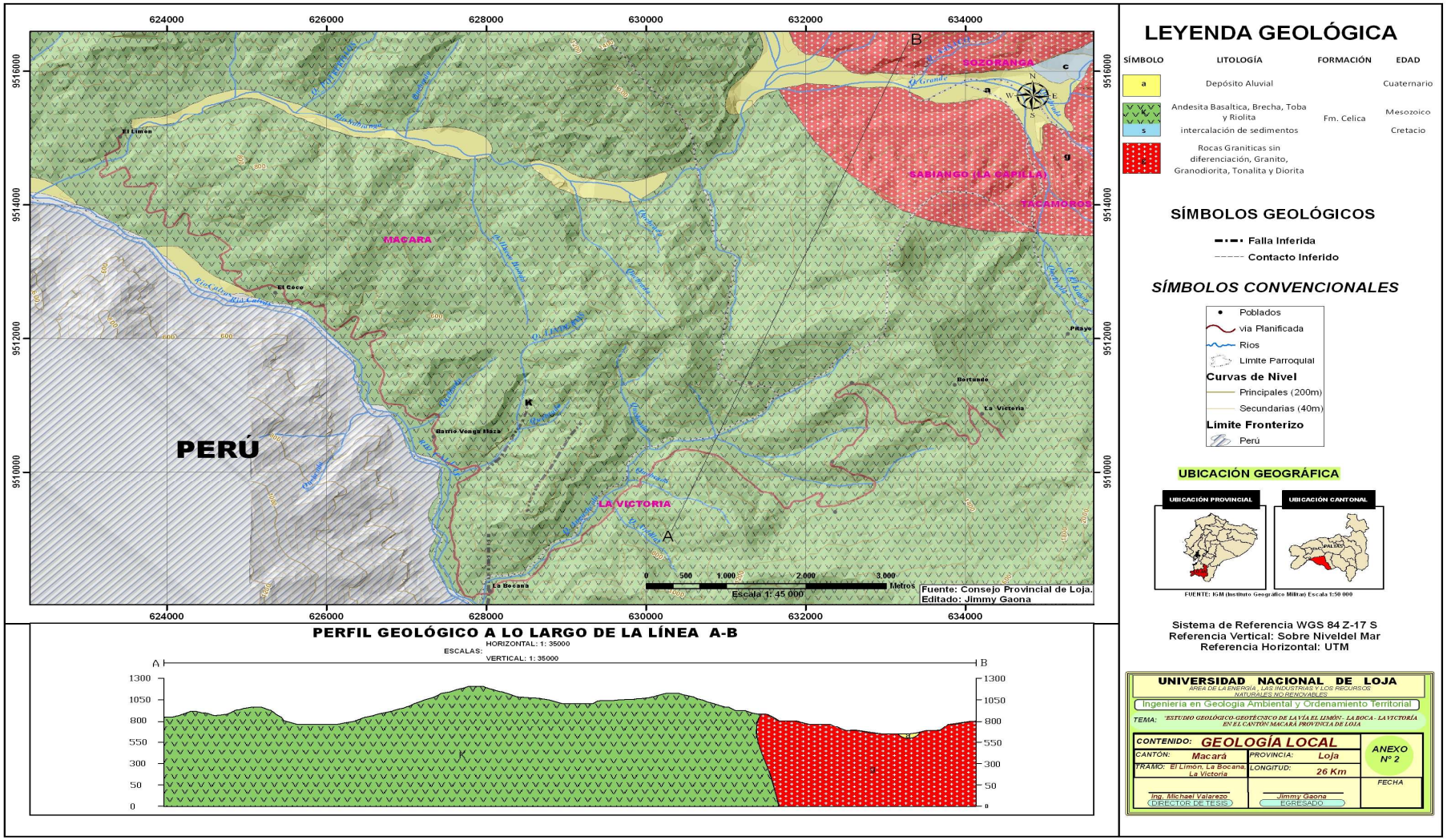
ANEXO 1.

MAPA DE TOPOGRAFÍA GENERAL.


SIMBOLOGÍA
Curvas de Nivel
Principales (200m)
Secundarias (40m)
Poblados
Vía Planificada
Ríos
Límite Parroquial
Macará
Límite Fronterizo
Perú
SOZORANGA
SABIANGO (LA CAPILLA)
TACAMOROS
MACARA
PERÚ
LA VICTORIA
El Limon
El Coco
Barrio Venga Maza
Pato Pato
Casa Vieja
Bertundo
La Victoria
La Loma
Almendro
Angoshcola
La Bocana
Pitayo
UBICACIÓN GEOGRÁFICA
UBICACIÓN PROVINCIAL
UBICACIÓN CANTONAL
FUENTE: IGM (Instituto Geográfico Militar) Escala 1:50 000
Sistema de Referencia WGS 84 Z-17 S
Referencia Vertical: Sobre Niveldel Mar
Referencia Horizontal: UTM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA DE LA ENERGÍA , LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial
TEMA: "ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE LA VÍA EL LIMÓN - LA BOCA - LA VICTORIA EN EL CANTÓN MACARÁ PROVINCIA DE LOJA
CONTENIDO: TOPOGRAFÍA GENERAL
ANEXO Nº1
CANTÓN: Macará
PROVINCIA: Loja
TRAMO: El Limón, La Bocana, La Victoria
LONGITUD: 26 Km
FECHA
Ing. Michael Valarezo (DIRECTOR DE TESIS)
Jimmy Gaona (EGRESADO)
Escala 1: 45 000
Fuente: Consejo Provincial de Loja.
Editado: Jimmy Gaona

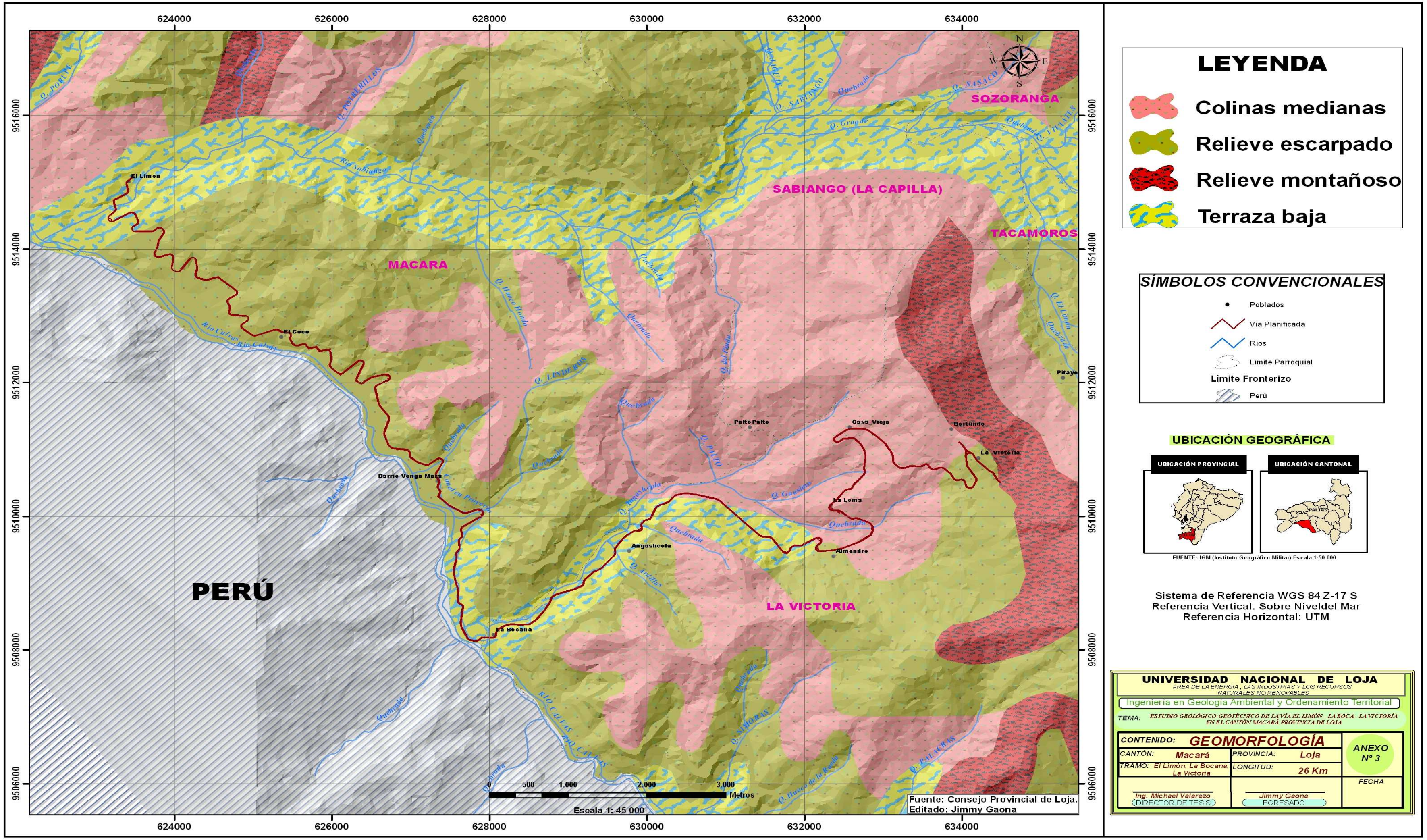
ANEXO 2.

MAPA DE GEOLOGÍA GENERAL.


624000
626000
628000
630000
632000
634000
9516000
9514000
9512000
9510000
PERÚ
MACARÁ
LA VICTORIA
SOZORANGA
SABIANGO (LA CAPILLA)
TACAMOROS
El Limón
El Cacco
Barrio Vengy Maza
La Bocana
Bortundo
La Victoria
Pásyo
A
B
K
0 500 1.000 2.000 3.000 Metros
Escala 1: 45 000
Fuente: Consejo Provincial de Loja.
Editado: Jimmy Gaona
PERFIL GEOLÓGICO A LO LARGO DE LA LÍNEA A-B
ESCALAS: HORIZONTAL: 1: 35000
VERTICAL: 1: 35000
1300
1050
800
550
300
50
0
LEYENDA GEOLÓGICA
SÍMBOLO
LITOLOGÍA
FORMACIÓN
EDAD
a
Depósito Aluvial
Cuaternario
Andesita Basaltica, Brecha, Toba y Riolita
intercalación de sedimentos
Fm. Celica
Mesozoico
Cretacio
Rocas Graniticas sin diferenciación, Granito, Granodiorita, Tonalita y Diorita
SÍMBOLOS GEOLÓGICOS
Falla Inferida
Contacto Inferido
SÍMBOLOS CONVENCIONALES
Poblados
vía Planificada
Rios
Limite Parroquial
Curvas de Nivel
Principales (200m)
Secundarias (40m)
Límite Fronterizo
Perú
UBICACIÓN GEOGRÁFICA
UBICACIÓN PROVINCIAL
UBICACIÓN CANTONAL
FUENTE: IGM (Instituto Geográfico Militar) Escala 1:50 000
Sistema de Referencia WGS 84 Z-17 S
Referencia Vertical: Sobre Niveldel Mar
Referencia Horizontal: UTM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
AREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial
TEMA: "ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE LA VÍA EL LIMÓN - LA BOCA - LA VICTORIA EN EL CANTÓN MACARÁ PROVINCIA DE LOJA"
CONTENIDO: GEOLOGÍA LOCAL
CANTÓN: Macará
PROVINCIA: Loja
TRAMO: El Limon, La Bocana, La Victoria
LONGITUD: 26 Km
ANEXO Nº 2
FECHA
Ing. Michael Valarezo
DIRECTOR DE TESIS
Jimmy Gaona
EGRESADO

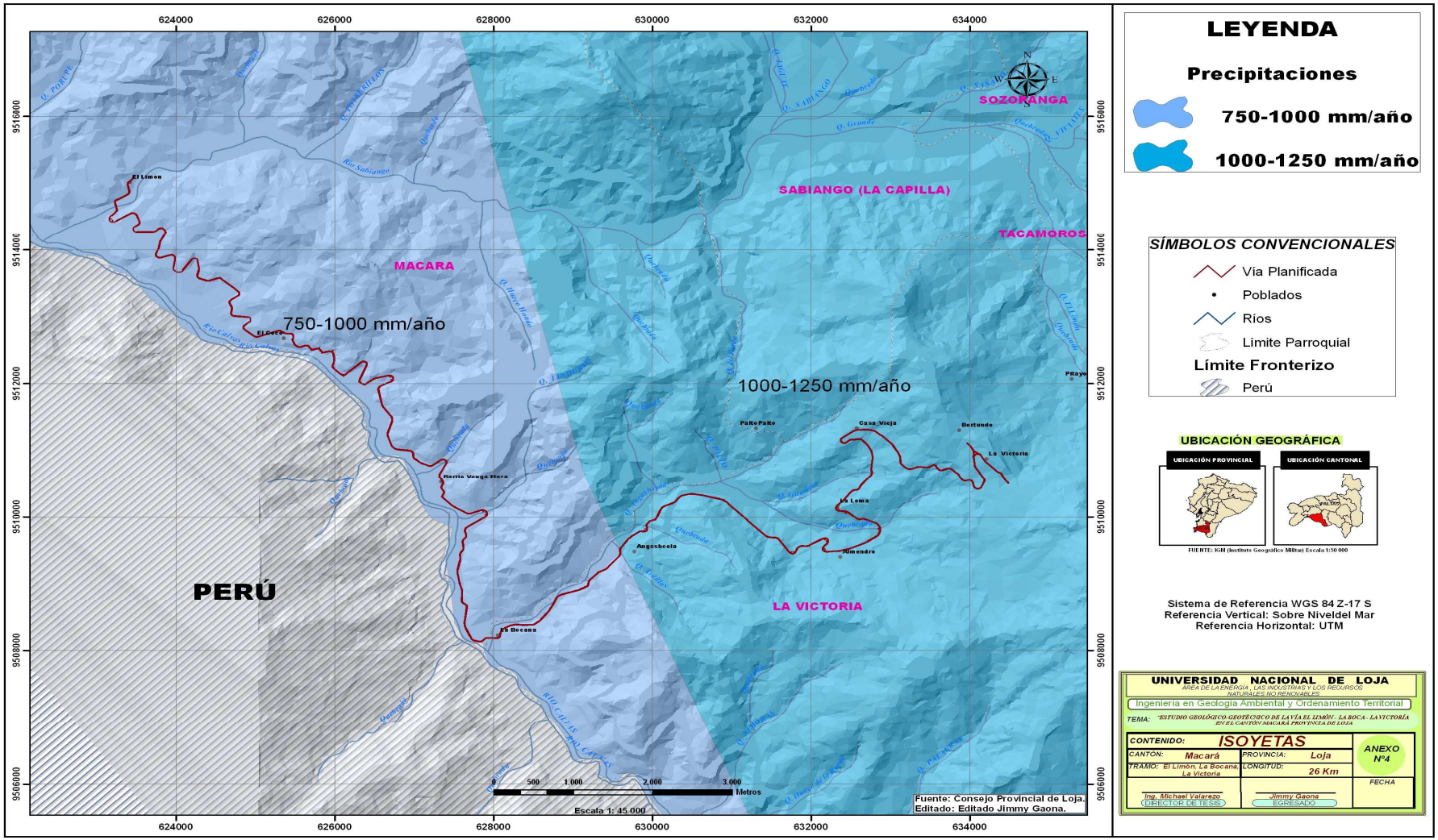
ANEXO 3.

MAPA DE GEOMORFOLOGÍA.


LEYENDA
Colinas medianas
Relieve escarpado
Relieve montañoso
Terraza baja
SÍMBOLOS CONVENCIONALES
Poblados
Via Planificada
Ríos
Límite Parroquial
Límite Fronterizo
Perú
UBICACIÓN GEOGRÁFICA
UBICACIÓN PROVINCIAL
UBICACIÓN CANTONAL
Sistema de Referencia WGS 84 Z-17 S
Referencia Vertical: Sobre Niveldel Mar
Referencia Horizontal: UTM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA DE LA ENERGÍA , LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial
CONTENIDO: GEOMORFOLOGÍA
ANEXO Nº 3
CANTÓN: Macará
PROVINCIA: Loja
TRAMO: El Limón, La Bocana, La Victoria
LONGITUD: 26 Km
FECHA
Ing. Michael Valarezo
DIRECTOR DE TESIS
Jimmy Gaona
EGRESADO
PERÚ
MACARA
SABIANGO (LA CAPILLA)
SOZORANGA
TACAMOROS
LA VICTORIA
El Limon
El Coco
Barrio Venga Mata
La Bocana
Angoshcola
Almendro
La Loma
Casa Vieja
Palto Palto
La Victoria
Pitayo
Escala 1: 45 000
Metros
Fuente: Consejo Provincial de Loja.
Editado: Jimmy Gaona
624000
626000
628000
630000
632000
634000
9506000
9508000
9510000
9512000
9514000
9516000

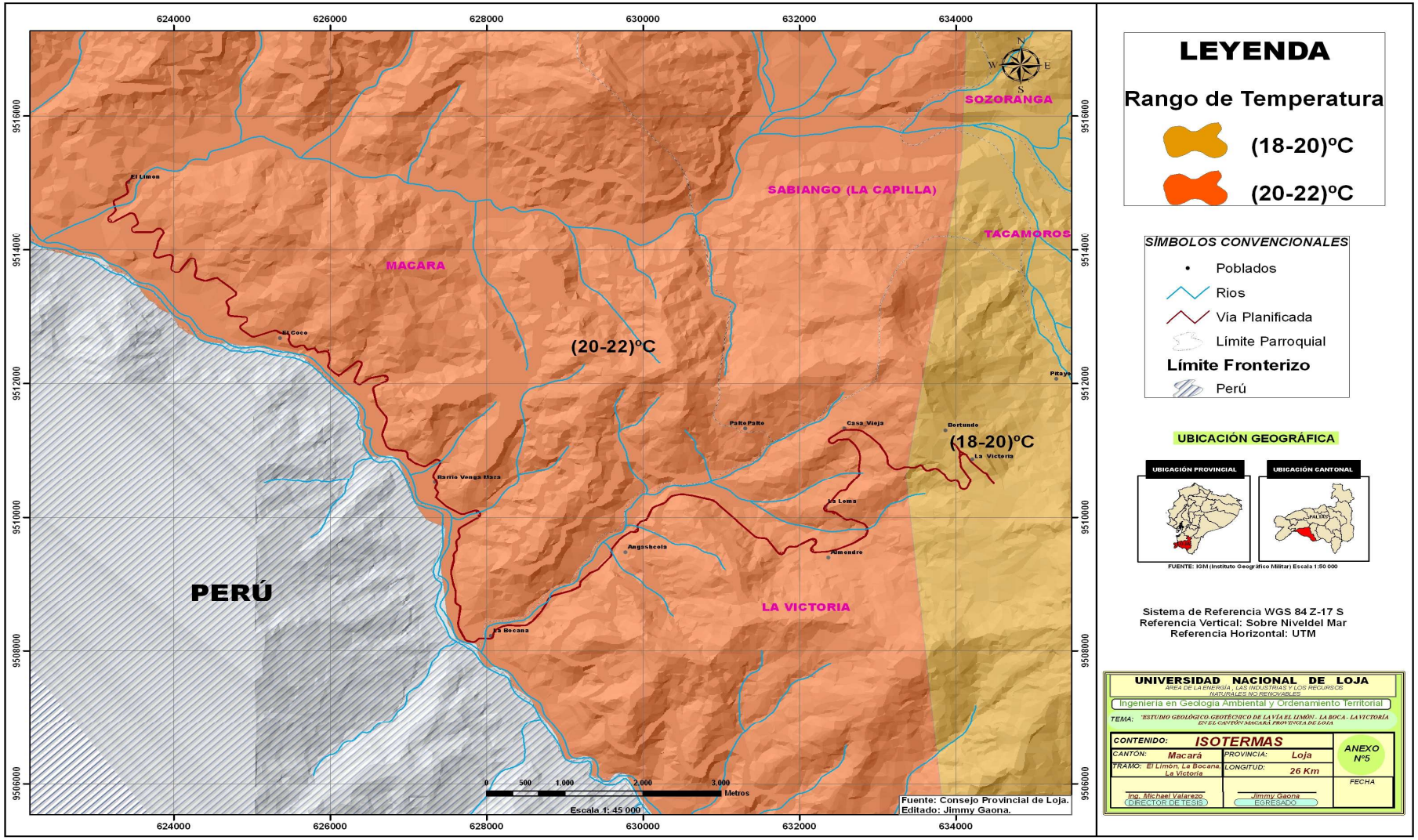
ANEXO 4.

MAPA DE ISOYETAS.


LEYENDA
Precipitaciones
750-1000 mm/año
1000-1250 mm/año
SÍMBOLOS CONVENCIONALES
Vía Planificada
Poblados
Ríos
Límite Parroquial
Límite Fronterizo
Perú
UBICACIÓN GEOGRÁFICA
UBICACIÓN PROVINCIAL
UBICACIÓN CANTONAL
FUENTE: IGM (Instituto Geográfico Militar) Escala 1:50 000
Sistema de Referencia WGS 84 Z-17 S
Referencia Vertical: Sobre Niveldel Mar
Referencia Horizontal: UTM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA DE LA ENERGÍA ; LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial
TEMA: "ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE LA VÍA EL LIMÓN - LA BOCA - LA VICTORIA EN EL CANTÓN MACARÁ PROVINCIA DE LOJA
CONTENIDO: ISOYETAS
ANEXO N°4
CANTÓN: Macará
PROVINCIA: Loja
TRAMO: El Limón, La Bocana, La Victoria
LONGITUD: 26 Km
FECHA
Ing. Michael Valarezo
DIRECTOR DE TESIS
Jimmy Gaona
EGRESADO
MACARA
SABIANGO (LA CAPILLA)
TACAMOROS
SOZORANGA
LA VICTORIA
PERÚ
750-1000 mm/año
1000-1250 mm/año
El Limon
El Corro
Barrio Venga Mara
Angashcola
La Bocana
PaKoPaKo
Casa Vieja
Bertundo
La Victoria
La Loma
Almendro
PRaye
Rio Sabiango
Rio Calvas
RIO CALVAS
Escala 1: 45 000
Metros
Fuente: Consejo Provincial de Loja.
Editado: Editado Jimmy Gaona.

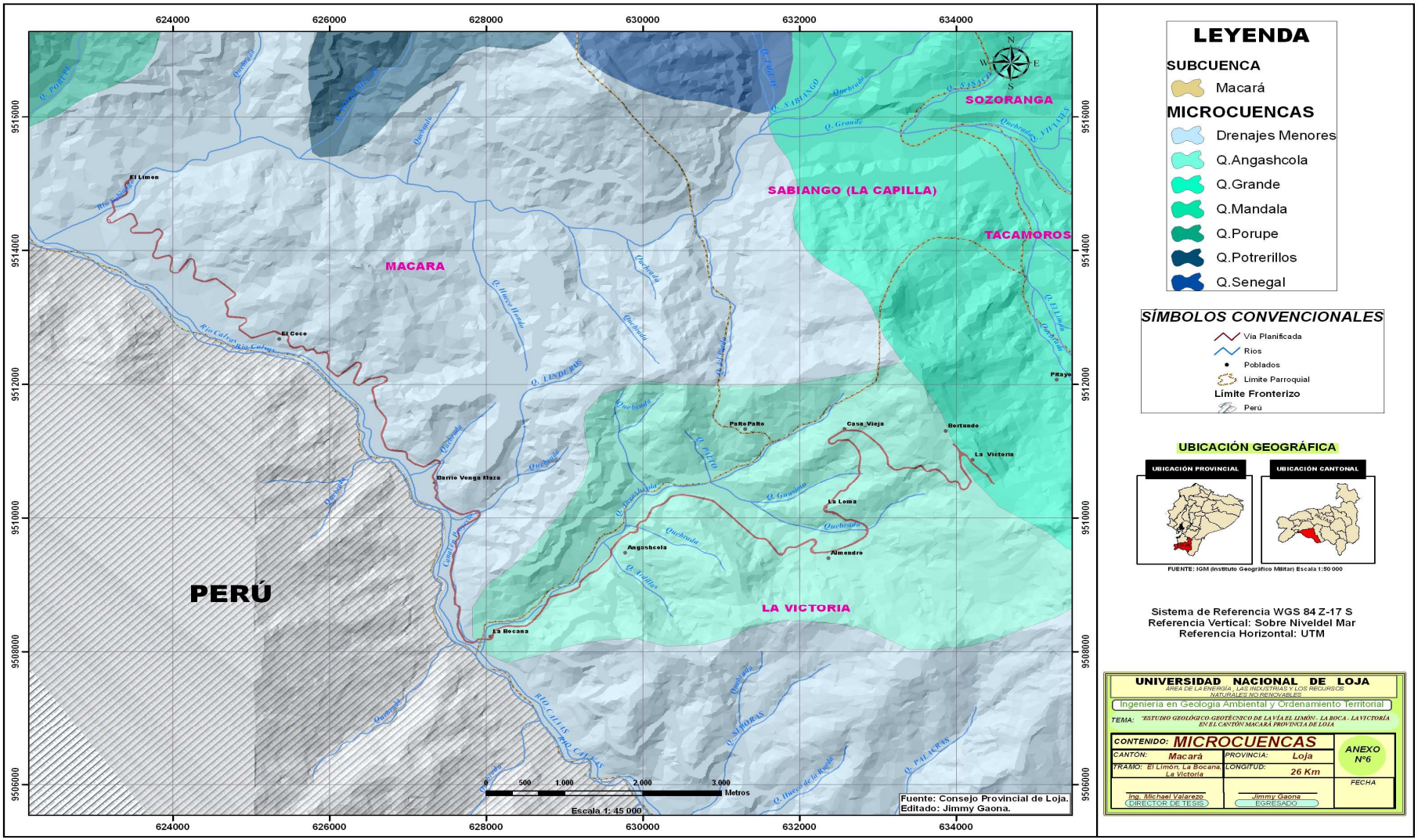
ANEXO 5.

MAPA DE ISOTERMAS.


624000
626000
628000
630000
632000
634000
9516000
9514000
9512000
9510000
9508000
9506000
SOZORANGA
SABIANGO (LA CAPILLA)
TACAMOROS
MACARA
(20-22)ºC
(18-20)ºC
PERÚ
LA VICTORIA
El Limon
El Coco
Pitaya
Palto Palto
Casa Vieja
Bertundo
La Victoria
Barrio Venga Maza
La Loma
Angushcola
Almendro
La Bocana
0 500 1.000 2.000 3.000 Metros
Escala 1: 45 000
Fuente: Consejo Provincial de Loja.
Editado: Jimmy Gaona.
LEYENDA
Rango de Temperatura
(18-20)ºC
(20-22)ºC
SÍMBOLOS CONVENCIONALES
Poblados
Rios
Vía Planificada
Límite Parroquial
Límite Fronterizo
Perú
UBICACIÓN GEOGRÁFICA
UBICACIÓN PROVINCIAL
UBICACIÓN CANTONAL
FUENTE: IGM (Instituto Geográfico Militar) Escala 1:50 000
Sistema de Referencia WGS 84 Z-17 S
Referencia Vertical: Sobre Niveldel Mar
Referencia Horizontal: UTM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
AREA DE LA ENERGÍA , LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
Ingeniería en Geologia Ambiental y Ordenamiento Territorial
TEMA: "ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE LA VÍA EL LIMÓN - LA BOCA - LA VICTORIA EN EL CANTÓN MACARÁ PROVINCIA DE LOJA
CONTENIDO: ISOTERMAS
CANTÓN: Macará
PROVINCIA: Loja
TRAMO: El Limón, La Bocana, La Victoria
LONGITUD: 26 Km
ANEXO N°5
FECHA
Ing. Michael Valarezo
(DIRECTOR DE TESIS)
Jimmy Gaona
(EGRESADO)

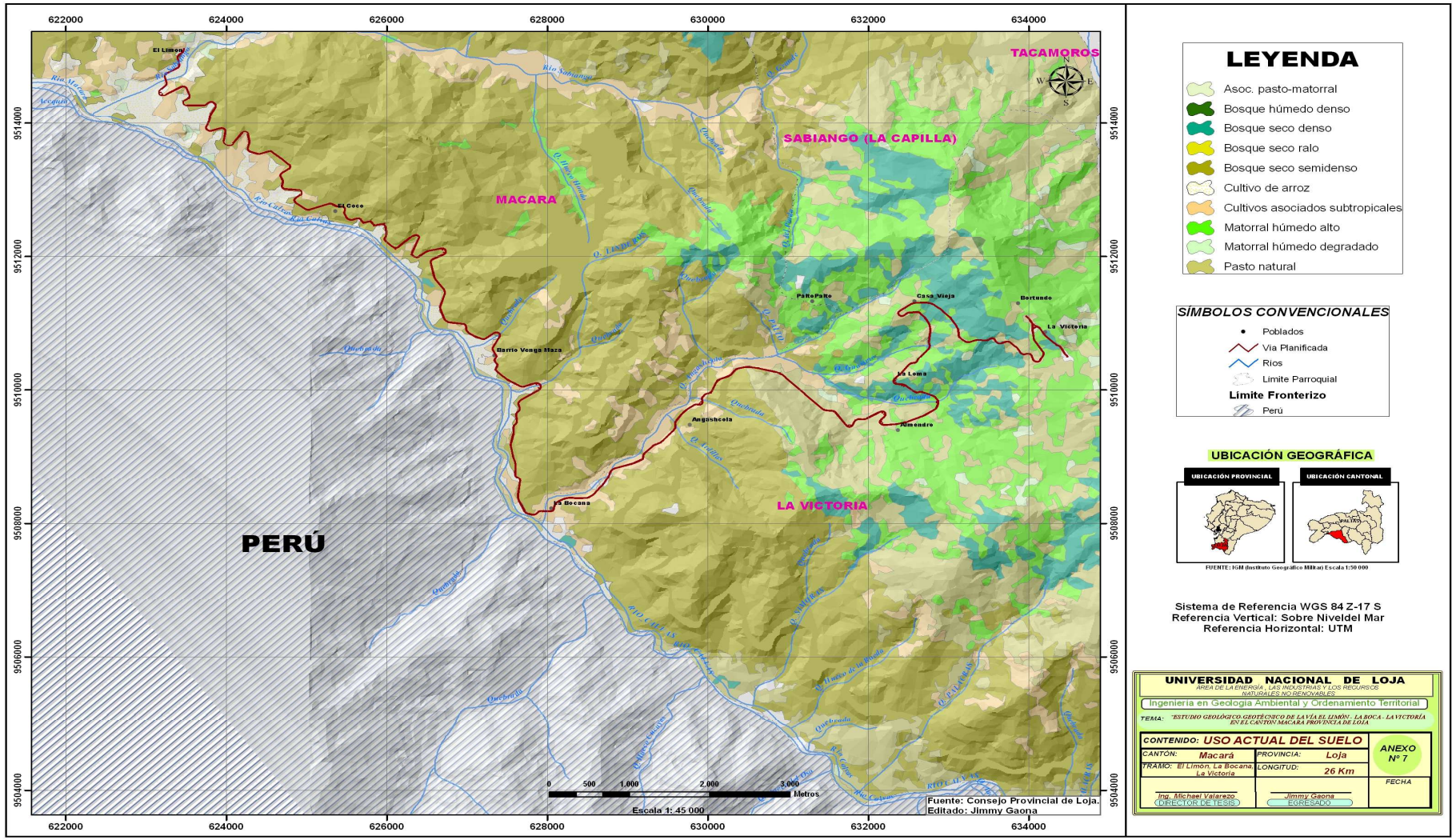
ANEXO 6.

MAPA DE MICROCUENCAS.


LEYENDA
SUBCUENCA
Macará
MICROCUENCAS
Drenajes Menores
Q.Angashcola
Q.Grande
Q.Mandala
Q.Porupe
Q.Potrerillos
Q.Senegal
SÍMBOLOS CONVENCIONALES
Via Planificada
Rios
Poblados
Límite Parroquial
Límite Fronterizo
Perú
UBICACIÓN GEOGRÁFICA
UBICACIÓN PROVINCIAL
UBICACIÓN CANTONAL
FUENTE: IGM (Instituto Geográfico Militar) Escala 1:50 000
Sistema de Referencia WGS 84 Z-17 S
Referencia Vertical: Sobre Niveldel Mar
Referencia Horizontal: UTM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA DE LA ENERGÍA , LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial
TEMA: "ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE LA VÍA EL LIMÓN - LA BOCA - LA VICTORIA EN EL CANTÓN MACARÁ PROVINCIA DE LOJA"
CONTENIDO: MICROCUENCAS
CANTÓN: Macará
PROVINCIA: Loja
TRAMO: El Limón, La Bocana, La Victoria
LONGITUD: 26 Km
ANEXO Nº6
FECHA
Ing. Michael Valarezo
DIRECTOR DE TESIS
Jimmy Gaona
EGRESADO
SOZORANGA
SABIANGO (LA CAPILLA)
TACAMOROS
MACARA
PERÚ
LA VICTORIA
El Limon
El Coco
Barrio Venga Maza
La Bocana
Palto Palto
Casa Vieja
Bertundo
La Victoria
La Loma
Angashcola
Almendro
Escala 1: 45 000
Fuente: Consejo Provincial de Loja.
Editado: Jimmy Gaona.

ANEXO 7.

USO DEL SUELO.

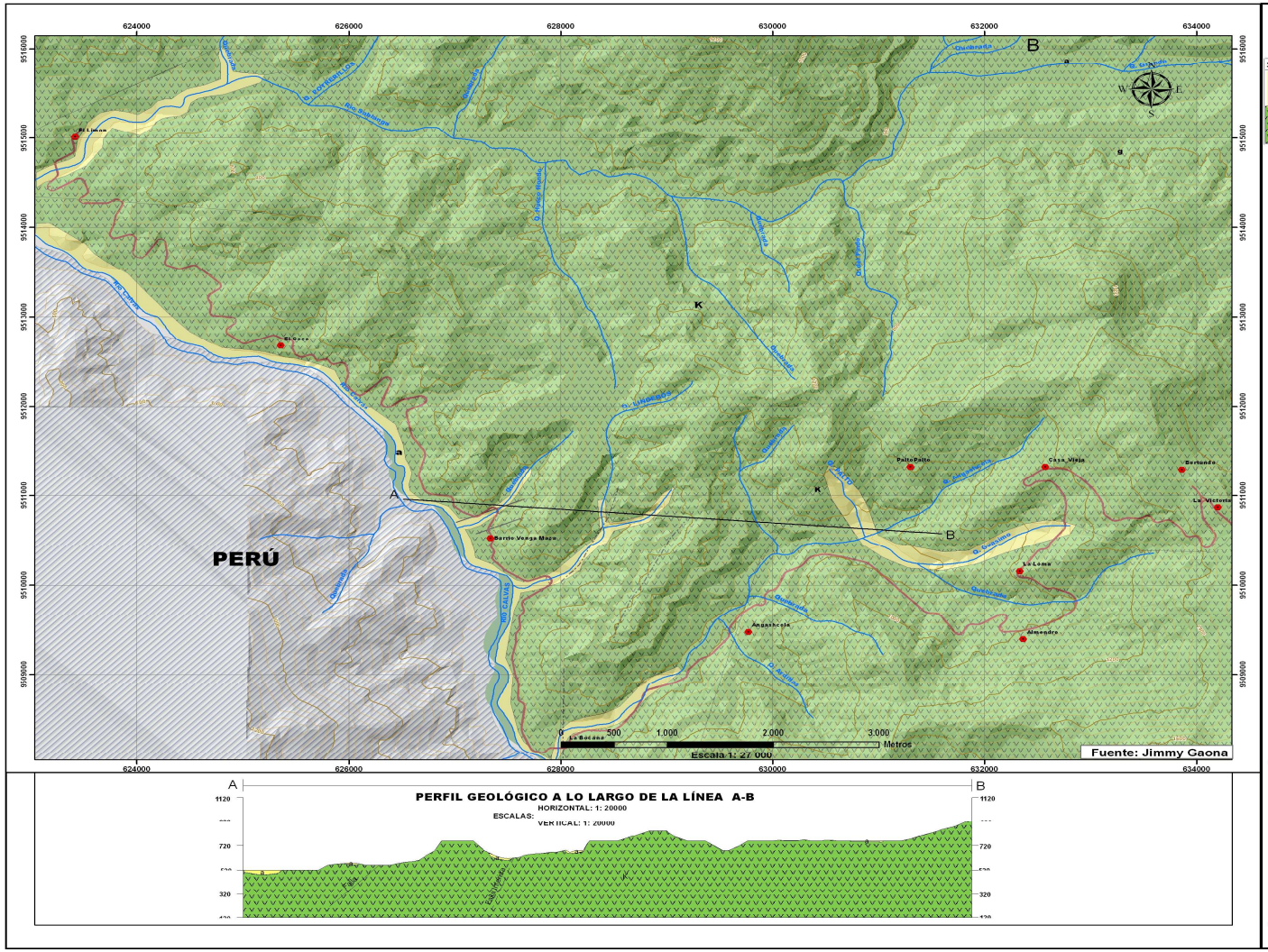

622000
624000
626000
628000
630000
632000
634000
9514000
9512000
9510000
9508000
9506000
9504000
TACAMOROS
SABIANGO (LA CAPILLA)
MACARA
LA VICTORIA
PERÚ
El Limón
El Coco
Barrio Venga Maza
Angoshcola
La Bocana
PaltoPalto
Casa Vieja
Bortundo
La Victoria
La Loma
Almendro
Río Sabiango
Río Calvas
Río Catamayo
Río Alamor
Quebrada
0 500 1.000 2.000 3.000 Metros
Escala 1: 45 000
Fuente: Consejo Provincial de Loja.
Editado: Jimmy Gaona
LEYENDA
Asoc. pasto-matorral
Bosque húmedo denso
Bosque seco denso
Bosque seco ralo
Bosque seco semidenso
Cultivo de arroz
Cultivos asociados subtropicales
Matorral húmedo alto
Matorral húmedo degradado
Pasto natural
SÍMBOLOS CONVENCIONALES
Poblados
Vía Planificada
Ríos
Límite Parroquial
Límite Fronterizo
Perú
UBICACIÓN GEOGRÁFICA
UBICACIÓN PROVINCIAL
UBICACIÓN CANTONAL
FUENTE: IGM (Instituto Geográfico Militar) Escala 1:50 000
Sistema de Referencia WGS 84 Z-17 S
Referencia Vertical: Sobre Niveldel Mar
Referencia Horizontal: UTM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA DE LA ENERGÍA , LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial
TEMA: "ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE LA VÍA EL LIMÓN - LA BOCA - LA VICTORIA EN EL CANTÓN MACARÁ PROVINCIA DE LOJA
CONTENIDO: USO ACTUAL DEL SUELO
ANEXO Nº 7
CANTÓN: Macará
PROVINCIA: Loja
TRAMO: El Limón, La Bocana, La Victoria
LONGITUD: 26 Km
FECHA
Ing. Michael Valarezo
DIRECTOR DE TESIS
Jimmy Gaona
EGRESADO

ANEXO 8.

MAPA DE TOPOGRAFÍA A DETALLE.

ANEXO 9.

MAPA DE GEOLOGÍA A DETALLE.



LEYENDA GEOLÓGICA

SÍMBOLO	LITOLOGÍA	FORMACIÓN	EDAD
a	Depósito Aluvial (conformado por grava de cantos redondeados y arena.		Recientes
K	Andesita Masiva,grava arcillosa con arena Riolita	Fm. Celica	Mesozoico

SÍMBOLOS GEOLÓGICOS

Falla

Falla Inferida

SÍMBOLOS CONVENCIONALES

Poblados

Rios

Via Planificada

Cuvas de Nivel

Principales (200m)

Secundarias (40m)

Límite Fronterizo

Perú

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

UBICACIÓN PROVINCIAL

UBICACIÓN CANTONAL

FUENTE: IGM (Instituto Geografico Militar) Escala 1:50 000

Sistema de Referencia WGS 84 Z-17 S
Referencia Vertical: Sobre Niveldel Mar
Referencia Horizontal: UTM

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
AREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

TEMA: ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE LA VÍA EL LIMÓN - LA BOCA - LA VICTORIA EN EL CANTÓN MACARÁ PROVINCIA DE LOJA

CONTENIDO: ***GEOLOGÍA A DETALLE***

CANTÓN: Macará | *PROVINCIA: Loja*

TRAMO: El Limón, La Bocana, La Victoria | *LONGITUD: 26 Km*

ANEXO Nº 9

Ing. Michael Valarezo (DIRECTOR DE TESIS)

Jimmy Gaona (EGRESADO)

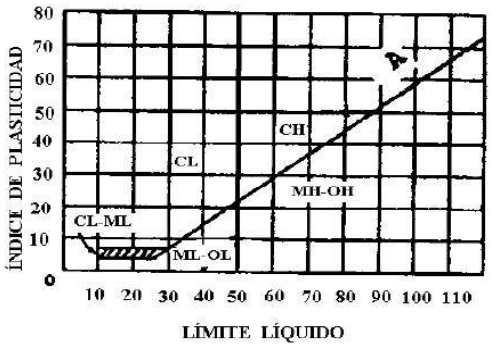
FECHA

ANEXO 10.

TABLA DE LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS.

CLASIFICACIÓN SUELOS SUCS

Divisiones principales				Símbolo del grupo	Nombre clásico	Método de identificación en campo excluyendo partículas mayores de 75 mm			Clasificación de laboratorio		
1	2			3	4	5			6		
Suelos de grano grueso Más de la mitad del material es mayor que el t. nº200	El tamaño del tamiz nº200 es aproximadamente la menor partícula visible a simple vista	GRAVAS Más de la mitad de los gruesos es > 5mm	Para clasificación visual el tamiz nº4 equivale a 5 mm	Gravas limpias (poco ó ningún fino)	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino	Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos		Usar la curva granulométrica para identificar las fracciones	Determinar los%de grava y arena después de la curva granulométrica y después el % de finos(fracción menor que el tamiz nº200)	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $1 < Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} < 3$
					GP	Gravas pobremente graduadas,mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino	Predomina un tamaño o una serie de tamaños faltando algunos tamaños intermedios				
				Gravas con finos (apreciable cantidad)	GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	Finos no plásticos ó con baja plasticidad (para procedimiento de identificación ver grupo ML)			Los límites de Atterberg bajo la línea A o IP < 4	Los límites que caen en la zona rayada, con IP entre 4 y 7,son casos límite que requieren doble símbolo
					GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	Finos plásticos (para procedimiento de identificación ver grupo CL)			Los límites de Atterberg sobre la línea A ó IP > 7	
		ARENAS Más de la mitad de los gruesos es < 5 mm		Arenas limpias (poco ó ningún fino)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, poco ó ningún fino	Amplio margen de variación del grano y cantidades importantes de todos los tamaños intermedios de los granos			$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $1 < Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} < 3$	
					SP	Arenas pobremente graduadas, arenas con grava, poco ó ningún fino	Predomina un tamaño ó una serie de tamaños faltando algunos tamaños intermedios				
				Arenas con finos (apreciable cantidad)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	Finos no plásticos ó con baja plasticidad (para procedimiento de identificación ver grupo ML)			Los límites de Atterberg bajo la línea A ó IP< 4	Los límites que caen en la zona rayada, con IP entre 4 y 7,son casos límite que requieren doble símbolo
					SC	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla	Finos plásticos (para procedimiento de identificación ver grupo CL)			Los límites de Atterberg sobre la línea A ó IP> 7	
Suelos de grano fino Más de la mitad del material es menor que el t. nº200						Método de identificación en la fracción menor de tamiz nº40 (0.4 mm)					
						Resistencia a la rotura	Dilatancia	Plasticidad			
		Limos y arcillas. Límite líquido menor que 50		ML	Limos inorgánicos de baja compresibilidad	Ninguna a ligera	Rápida a lenta	Ninguna			
				CL	Arcillas inorgánicas de baja a media compresibilidad arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas	Media a alta	Ninguna a muy lenta	Media			
				OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja compresibilidad	Ligera a media	Lenta	Ligera			
		Limos y arcillas. Límite líquido mayor que 50		MH	Limos inorgánicos de alta compresibilidad	Ligera a media	Lenta a ninguna	Ligera a media			
				CH	Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad	Alta a muy alta	Ninguna	Alta			
				OH	Arcillas y limos orgánicos de media a alta compresibilidad	Media a alta	Ninguna a muy lenta	Ligera a media			
Suelos altamente orgánicos				Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos	Fácilmente identificable por el color,olor,tacto esponjoso y a menudo textura fibrosa					



CARTA DE PLASTICIDAD

ANEXO 11.

TABLA DE LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO.

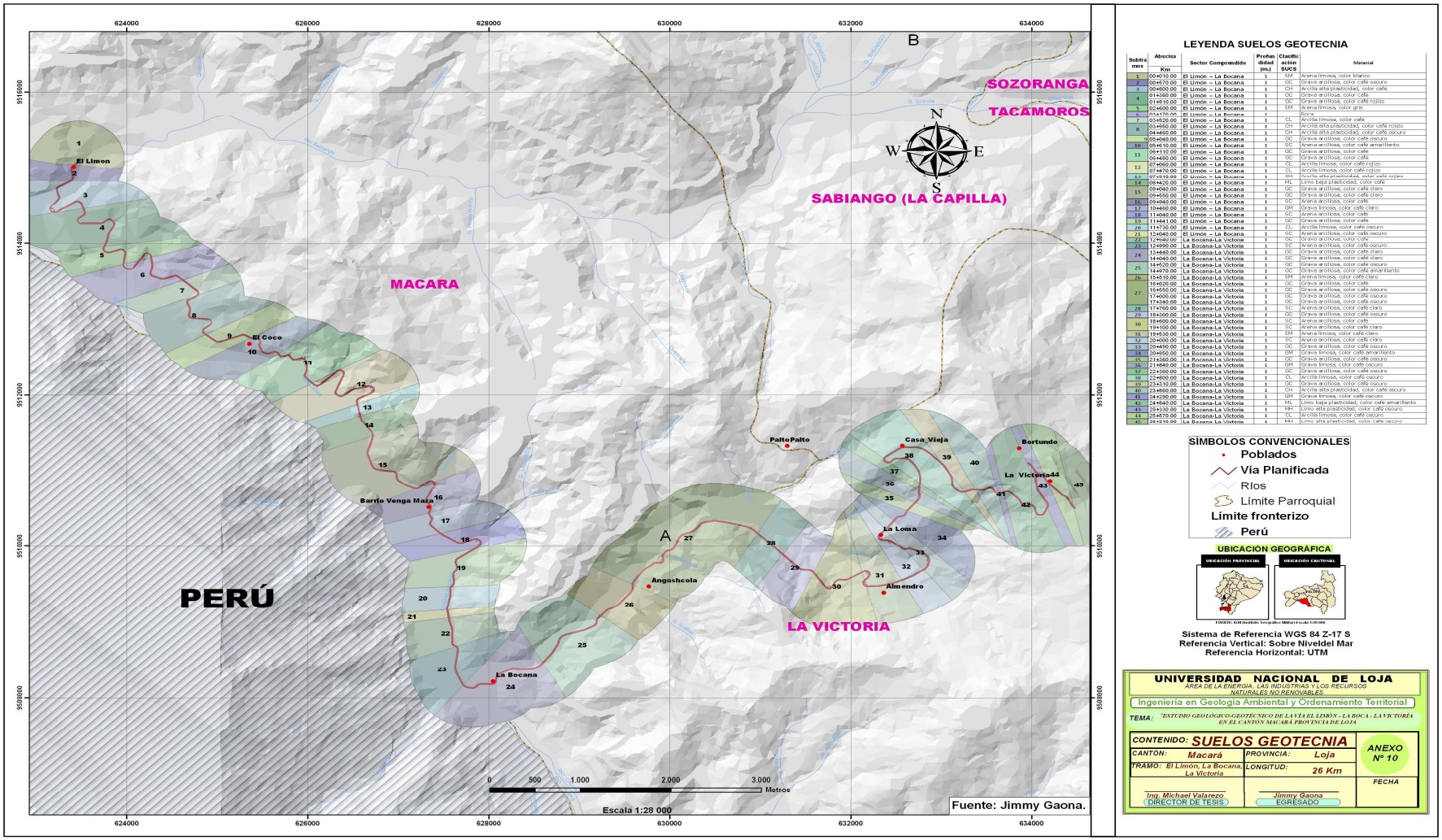
CLASIFICACIÓN SUELOS AASHTO

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% ó menos que pasa por el tamiz nº 200							MATERIALES LIMO- ARCILLOSOS Más del 35% que pasa por el tamiz nº 200			
Clasificación en grupos	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Análisis granulométrico, % que pasa											
Tamiz nº 10	50 máx.										
Tamiz nº 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
Tamiz nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción que pasa por el tamiz nº40 :											
Límite líquido			NP	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41mín.
Índice de plasticidad	6 máx.			10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11mín.
Índice de grupo	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiales que constituyen fundamentalmente estos grupos	Fragmentos de piedra, grava y arena.		Arena fina	Grava y arena limosas ó arenosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	

PROCEDIMIENTO. Valiéndose de los resultados de los ensayos realizados, proceder de izquierda a derecha en la tabla hasta encontrar por eliminación el grupo correcto. El primer grupo de la izquierda con el cual se cumplan los datos es la clasificación correcta del suelo. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual ó menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual ó mayor que LL-30.

ANEXO 12.

MAPA DE SUELOS GEOTECNIA.


SOZORANGA
TACAMOROS
SABIANGO (LA CAPILLA)
MACARA
PERÚ
LA VICTORIA
El Limon
El Coco
Barrio Venga Maza
Angashcola
La Bocana
PaltoPalto
Casa Vieja
La Loma
Almendro
La Victoria
Bortundo
Escala 1:28 000
Fuente: Jimmy Gaona.
LEYENDA SUELOS GEOTECNIA
SÍMBOLOS CONVENCIONALES
Poblados
Vía Planificada
Ríos
Límite Parroquial
Límite fronterizo
Perú
UBICACIÓN GEOGRÁFICA
Sistema de Referencia WGS 84 Z-17 S
Referencia Vertical: Sobre Niveldel Mar
Referencia Horizontal: UTM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
AREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial
TEMA: "ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE LA VÍA EL LIMÓN - LA BOCA - LA VICTORIA EN EL CANTÓN MACARÁ PROVINCIA DE LOJA"
CONTENIDO: SUELOS GEOTECNIA
ANEXO Nº 10
CANTÓN: Macará
PROVINCIA: Loja
TRAMO: El Limón, La Bocana, La Victoria
LONGITUD: 26 Km
FECHA
Ing. Michael Valarezo
DIRECTOR DE TESIS
Jimmy Gaona
EGRESADO

ANEXO 13.

RESULTADOS DE LABORATÓRIO.

"SUELOS & PAVIMENTOS" LABORATORIO

Telf: 072-611053

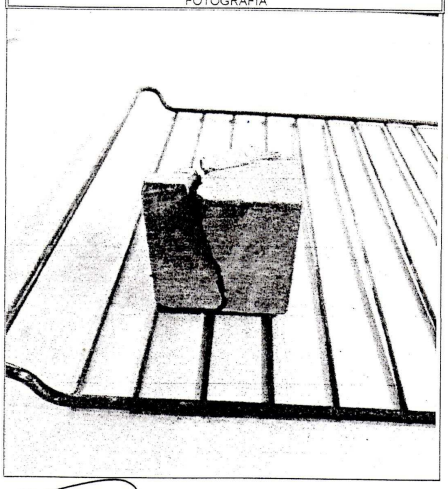
CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA V1 - TIPO ANDESITA

MATERIAL: MUESTRA V1 - TIPO ANDESITA
PROCEDENCIA: CARRETERA EL LIMÓN - LA BOCANA, LA VICTORIA -
SOLICITADO: Ing. Leonardo Herrera
FECHA: 04 04 2012 REALIZADO: ING. RAMIRO JIMÉNEZ

PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPSULA	% DE HUMEDAD	RESULTADO
401.00	400.70	41.20	0.08	0.08

FOTOGRAFÍA



SUELOS Y PAVIMENTOS LABORATORIO

ING. RAMIRO JIMÉNEZ
TÉCNICO LABORATORISTA

ING. JOSÉ SONGOR
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

Telf: 072-611053

"SUELOS & PAVIMENTOS" LABORATORIO

DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD Y ABSORCIÓN EN LAS ROCAS

PROYECTO: CARRETERA EL LIMÓN - LA BOCANA, LA VICTORIA -

MUESTRA: MUESTRA V1 - TIPO ANDESITA **FECHA:** 04/04/2012

SOLICITADO: Ing. Leonardo Herrera **NORMA:** ASTM D2216-98

ENSAYO NÚMERO	1	2	3	4
PESO DE MUESTRA EN AGUA (gr.)	259.10			
PESO DE MUESTRA EN ESTADO SSS. (gr.)	401.00			
PESO DE MUESTRA SECA (gr.)	400.70			

RESULTADOS	
VOLUMEN DE MUESTRA	*141.90 cc.*
VOLUMEN DE VACIOS	*0.30 cc.*
PORCENTAJE DE POROSIDAD	*0.21 %*
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	*0.07 %*

OBSERVACIONES: ROCA COLORACIÓN GRIS

SUELOS Y PAVIMENTOS LABORATORIO

ING. RAMIRO JIMÉNEZ
TÉCNICO LABORATORISTA

ING. JOSÉ SONGOR
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

Telf: 072-611053

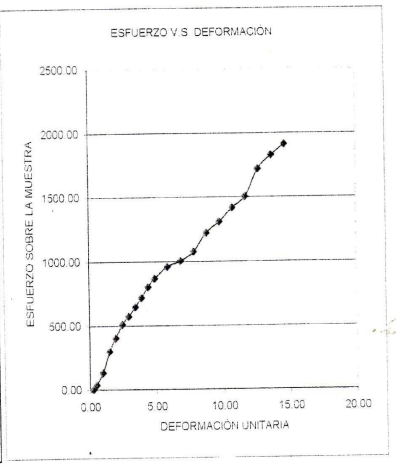
"SUELOS & PAVIMENTOS" LABORATORIO

ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA

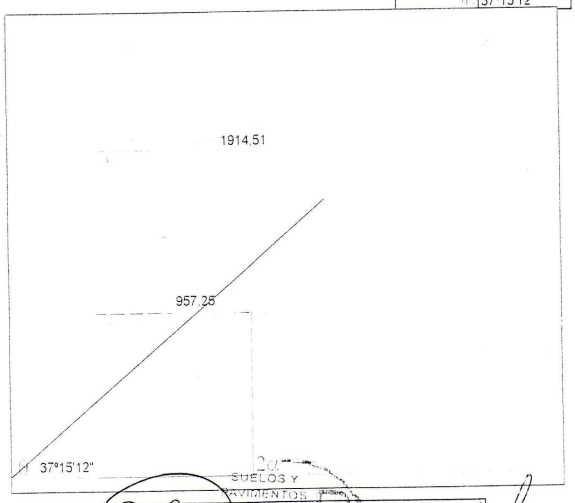
Muestra :	INALTERADA REMOLDEADA	Norma:	AASHTO T - 208
Proyecto:	CARRETERA EL LIMON - LA BOCANA, LA VICTORIA - [illegible]	Fecha:	04/04/2012
Nº de muestra	MUESTRA V1 - TIPO ANDESITA	Realizó:	ING. RAMIRO JIMÉNEZ

Longitud:	5.47 cm	Ancho:	5.2 cm	Area:	26.444 cm2
Cont. Humedad:	[illegible] %	qult:	1914.51 Kg/cm2	Cohesión:	957.26 Kg/cm2
Espesor:	4.88 cm	Volumen Muest.:	138.81 cm3	Peso Muest.:	400.70 gr.
Densidad Humeda :		2.887 g/cm3	Densidad Seca:		2.885 g/cm3

DEFORMACIÓN UNITARIA	ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA
0.24	1.79
0.49	36.95
0.98	131.66
1.47	298.66
1.95	405.99
2.44	510.62
2.93	571.12
3.42	645.82
3.91	718.21
4.40	802.79
4.89	867.66
5.86	958.69
6.84	1003.49
7.82	1076.60
8.79	1220.31
9.77	1308.12
10.75	1417.07
11.72	1505.59
12.70	1720.98
13.68	1829.57
14.65	1914.51



ANGULO FRICCION INTERNA U
U 37°15'12"



SUELOS Y PAVIMENTOS

ING. RAMIRO JIMÉNEZ
TÉCNICO LABORATORISTA

ING. JOSÉ SONGOR E.
RESPONSABLE GEÓTECNICO

ANEXO 14

FORMATO DE LA CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO.

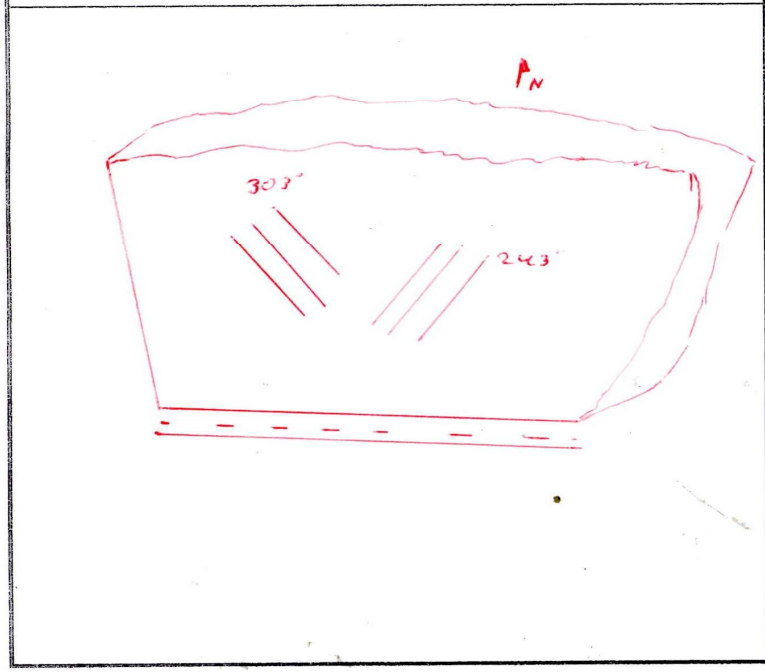
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
GEOLOGÍA AMBIENTAL

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO - CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA (RMR)

1859

DATOS INFORMATIVOS		Designación	Compresión uniaxial Mpa	Carga puntual Mpa	R.Q.D. (%) (115-3,3 Jv)		Familia de diaclasas		
Nombre del Proyecto:	Coordenadas	Muy alta	>250					Rumbo	Buzamiento
Sector: Victoria	x: 673313	Alta	100-250	>10	Excelente	90-100	Set 1	243	60
Levantado por: Jimmy Gaona	y: 9510355	Mediana x	50-100	4a10	Buena	75-90	Set 2	303	75NE
Fecha:	z: 1769	Moderada	25-50	2a4	Regular	50-75	Set 3		
	N° Aflo:	Baja	may-25	1a2	Pobre	25-50	Set 4		
		Muy baja	01-may	<1	Muy pobre	<25	Set 5		

Geología



Espaciado de las Discontinuidades

	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4	Set 5
Muy espaciado >2m					
Espaciado 0,6-2m	x	x			
Moderado 200-600mm					
Próximas 60-200mm					
Muy juntas > 600mm					

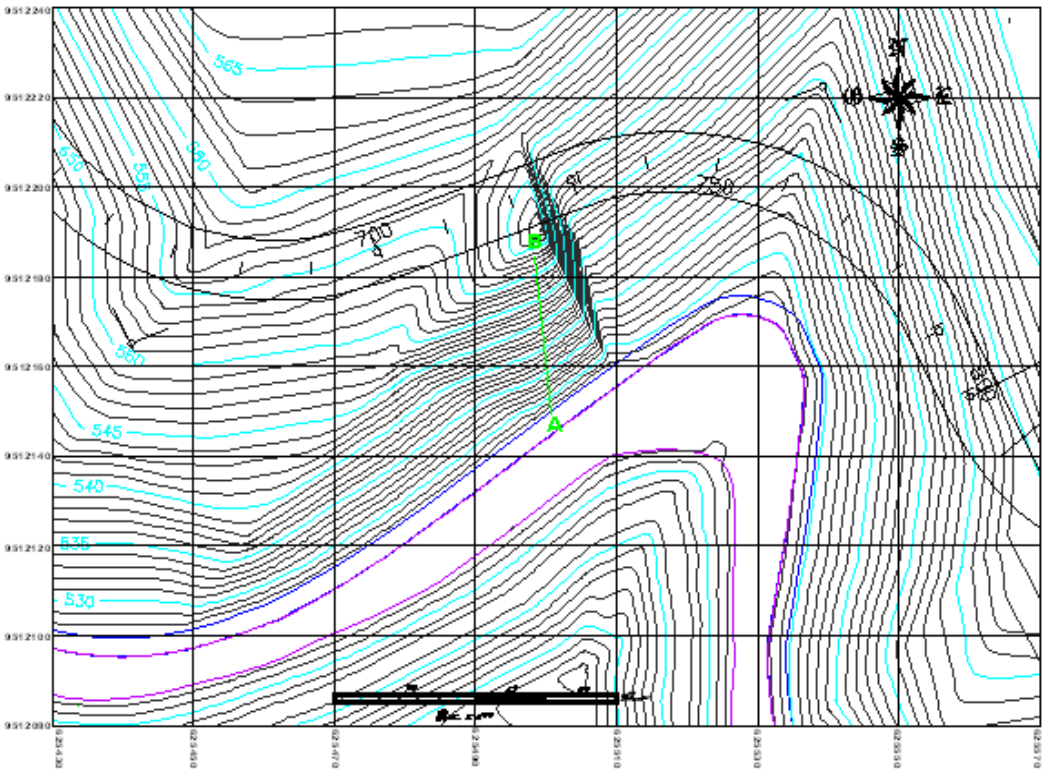
Condición de las discontinuidades

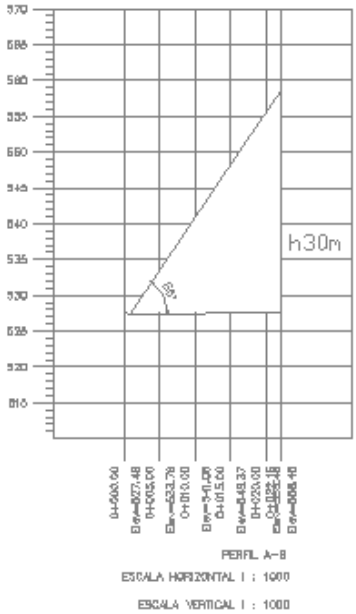
Continuidad o Persistencia		Set 1	Sel 2	Set 3	Set 4	Set5
Muy baja	<1m		x			
Baja	1 - 3m	x				
Media	3-10m					
Alta	10-20m					
Muy alta	>20m					
Abertura		Set 1	SelZ	Set3	Set 4	Set5
Muy cerrada	0					
Cerrada	1 - 2mm	x	x			
Lig. Abierta	2 - 5mm					
Abierta	5 - 20mm					
Muy abierta	20 - 50mm					
Moder ancha	50 - 200mm					
Ancha	<200 mm					
Rugosidad		Set 1	Set 2	Set 3	Sel 4	Set5
Miy rugosa						
Rugosa						
Lig. rugosa		x	x			
Lisa						
Pulida						
Relleno		Set1	Sel 2	Sal 3	Sel 4	Set5
0 No existe 1 Arcilla	Tipo					
2 Limo 3 Arena 4 Roca triturada	Retinencia; Dura,media, blanda	2	2			
5 FeO 6 Suciedad 7 Cuarzo 8 Otros	Agua: seca, húmeda, filtración, Flujo (Lit/seg)					
Grado de Meteorización		Set1	Set 2	SetS	Set 4	Set 5
Sana						
Ligeramente meteorizada						
Moderadamente meteorizada		x	x			
Altamente meteorizada						
Completamente meteorizada						
Suelo residual						

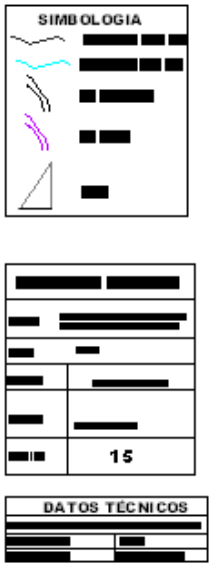
ANEXO 15

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL SECTOR DEL DESLIZAMIENTO.

PERFIL DEL DESLIZAMIENTO

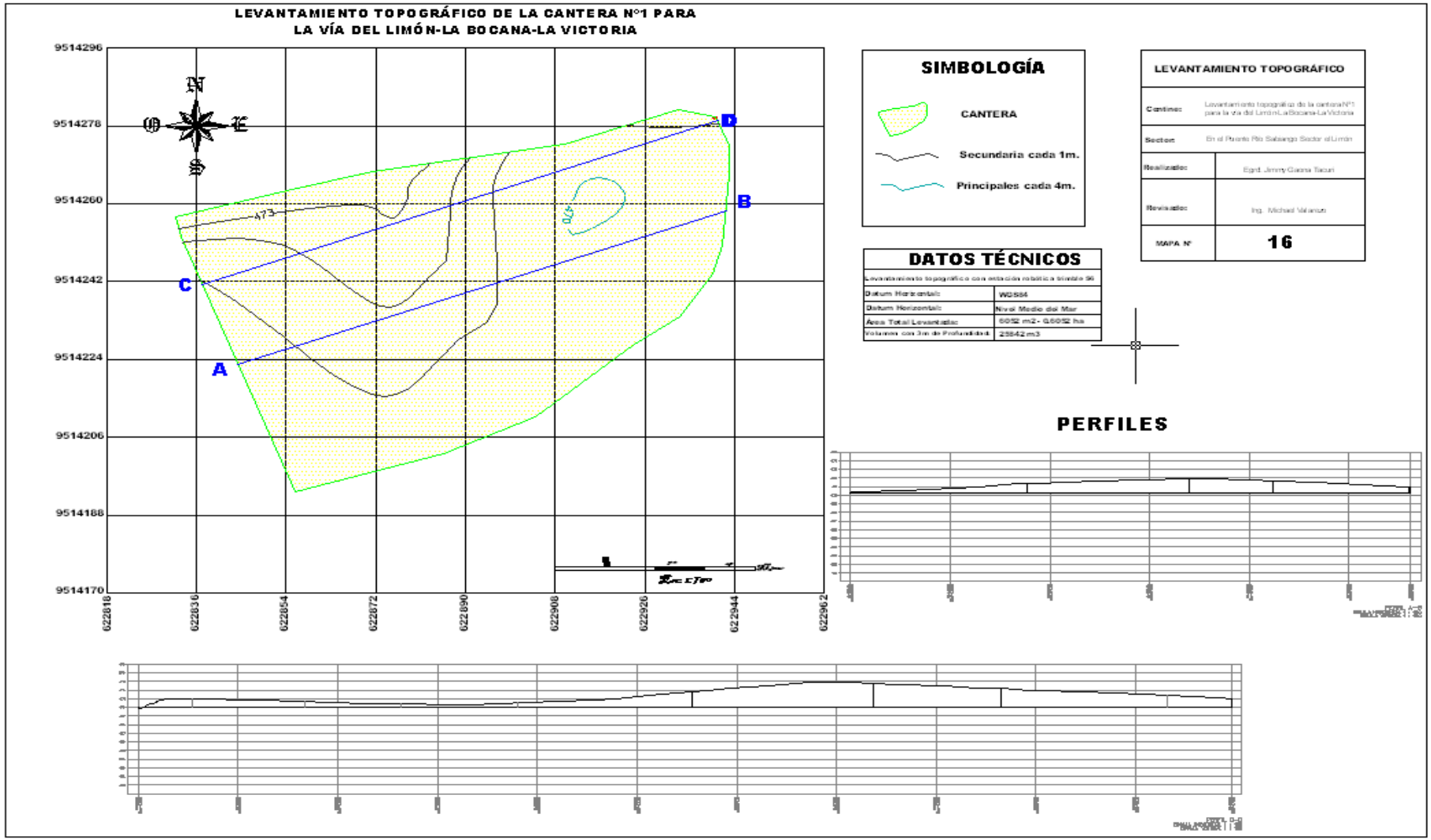






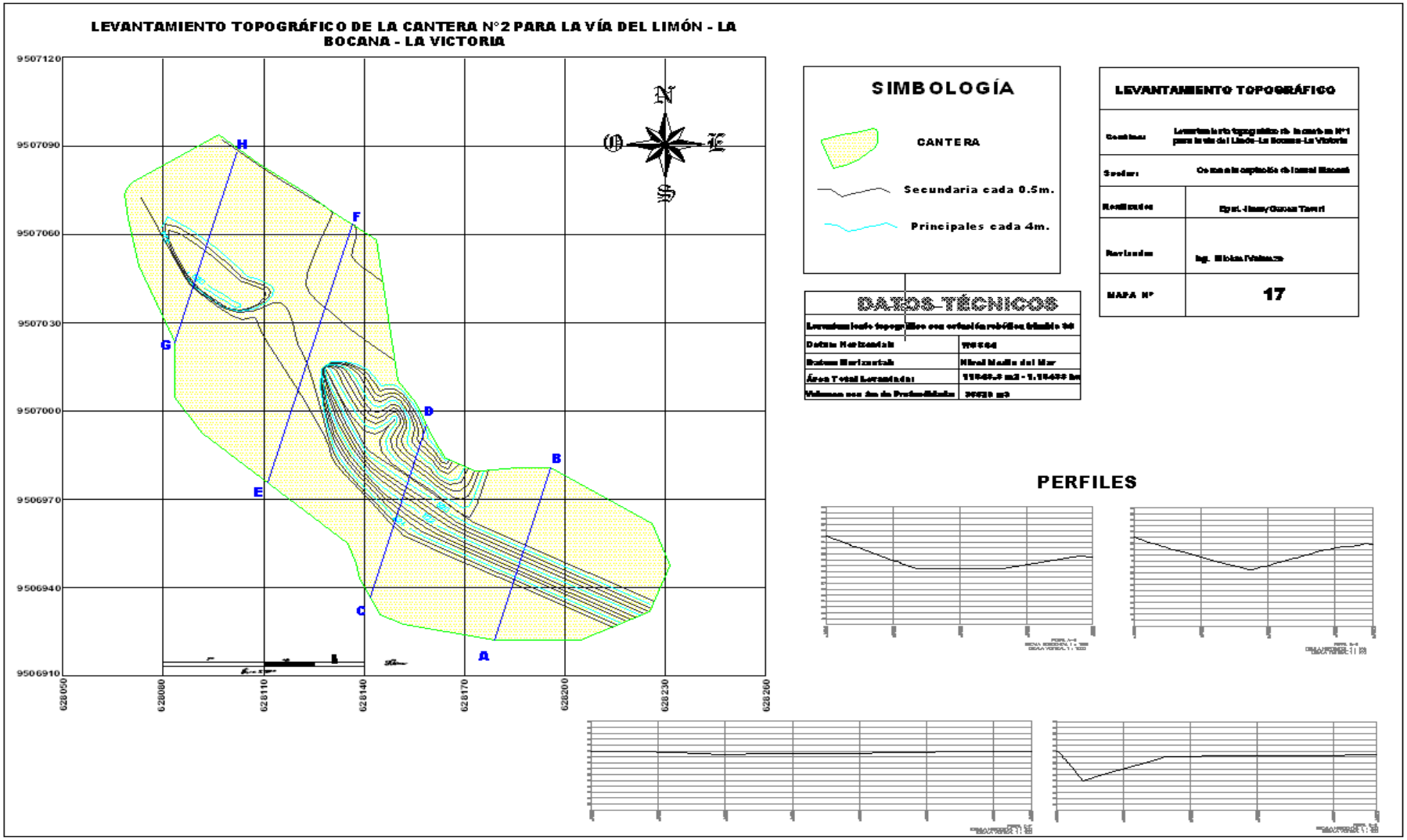
ANEXO 16.

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA MINA RÍO SABIANGO – SECTOR EL LIMÓN.


LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA CANTERA N°1 PARA LA VÍA DEL LIMÓN-LA BOCANA-LA VICTORIA
9514296
9514278
9514260
9514242
9514224
9514206
9514188
9514170
622818
622836
622854
622872
622890
622908
622926
622944
622962
N
O
E
S
A
B
C
D
SIMBOLOGÍA
CANTERA
Secundaria cada 1m.
Principales cada 4m.
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
Contenido
Sector
Realizado
Revisado
MAPA N°
16
DATOS TÉCNICOS
Datum Horizontal
Datum Horizontal
Nivel Medio del Mar
PERFILES

ANEXO 17

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA MINA RÍO CALVAS – SECTOR BOCANA.


LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA CANTERA N°2 PARA LA VÍA DEL LIMÓN - LA BOCANA - LA VICTORIA
9507120
9507090
9507060
9507030
9507000
9506970
9506940
9506910
628050
628080
628110
628140
628170
628200
628230
628260
N
O
E
S
A
B
C
D
E
F
G
H
SIMBOLOGÍA
CANTERA
Secundaria cada 0.5m.
Principales cada 4m.
DATOS TÉCNICOS
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
17
PERFILES