UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

TÍTULO:

"Estudio Geológico - Geotécnico para la ampliación de la vía Sauce - San Antonio Kilómetro 4.5 - 9, a nivel de lastrado, ubicado en el Cantón Paltas, Provincia de Loja."

Previa a la Obtención del Título de Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

AUTORA:

Yomaira Sthefania Agila Guamán

DIRECTOR:

Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg. Sc.

LOJA - ECUADOR

II. CERTIFICACIÓN

Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg. Sc.

Director de Tesis

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en **"Estudio Geológico - Geotécnico para la ampliación de la vía Sauce - San Antonio Kilómetro 4.5 - 9, a nivel de lastrado, ubicado en el Cantón Paltas, Provincia de Loja."**, previa a la obtención del título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, realizado por la señorita egresada **Yomaira Sthefania Agila Guamán**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, 17 de Julio de 2018

Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg. Sc.

Director de Tesis

III. AUTORÍA

Yo **YOMAIRA STHEFANIA AGILA GUAMÁN,** declaro ser autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma:

C.I. 1105116493

Fecha: Loja, 08 de Agosto de 2018

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

Yo **YOMAIRA STHEFANIA AGILA GUAMÁN**, declaro ser autora del presente trabajo de tesis titulado: **"ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA VÍA SAUCE - SAN ANTONIO KILÓMETRO 4.5 - 9, A NIVEL DE LASTRADO, UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS, PROVINCIA DE LOJA."** como requisito para optar al título de: **INGENIERA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los ocho días del mes de agosto de dos mil dieciocho.

Firma:

Autora: Yomaira Sthefania Agila Guamán

Cédula: 1105116493

Dirección: Catacocha, (calles 18 de Noviembre y Naumbriones)

Correo Electrónico: yostefag@gmail.com

Teléfono: 07683667 **Celular:** 0990575483

DATOS COMPLEMENTARIOS

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

Tribunal de Grado: Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho, Mg. Sc.

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

Ing. Alexander Fermín González Sisalima, Mg. Sc.

V. DEDICATORIA

Con gran cariño y amor este trabajo de tesis se lo dedico a mis padres Roque Martín Agila Campoverde y Lupe Narcisa Guamán Díaz ya que son el pilar fundamental en mi vida, gracias por su apoyo incondicional mantenido a través del tiempo durante toda mi etapa académica; todo este trabajo ha sido posible gracias a ustedes.

A mis hermanos: Roque, Ximena, Lester y Lupita Agila Guamán; así como a mis sobrinas Damaris y Pamela que con su cariño, apoyo y cuidado han sabido guiarme con sus consejos alentándome en los momentos más difíciles de mi vida, formado parte de este logró.

A mis abuelitos Roque Agila y América Campoverde, así como a mis demás familiares y amigos por darme esa chispa de entusiasmo para seguir siempre adelante.

A cada uno de los maestros que de una u otra forma aportaron a mi realización como profesional a lo largo de esta travesía.

Yomaira Sthefania

VI. AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi Carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad, por brindarme la salud que necesito y regalarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobretodo de felicidad.

A mi familia y amigos que con sus sabios conejos han contribuido a mi enriquecimiento no solo personal sino profesional, cada una de sus contribuciones y enseñanzas impulsaron mi superación.

Expreso mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables y a la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, a todos y cada uno de los docentes, que gracias a sus enseñanzas contribuyeron a mi formación como profesional.

Agradezco de manera especial al Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío por su guía y asesoramiento durante el desarrollo de mi trabajo de tesis, ya que sin su ayuda esto no hubiese sido posible.

A cada uno de los docentes que supieron contribuir con sus observaciones y sugerencias para el mejoramiento de mi trabajo.

Yomaira Sthefania

VII. TABLA DE CONTENIDO

Pág.

II. CERTIFICACIÓN II

III. AUTORÍA III

IV. CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTORA IV

V. DEDICATORIA V

VI. AGRADECIMIENTO VI

VII. TABLA DE CONTENIDO VII

VIII. ÍNDICE DE FIGURAS X

IX. ÍNDICE DE TABLAS XI

X. ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS XIV

1. TÍTULO 1

2. RESUMEN 2

3. INTRODUCCIÓN 4

4. REVISIÓN DE LITERATURA 8

4.1 Marco Geológico 8

4.1.1. Topografía 8

4.1.2. Geología 8

4.1.2.1. Mapa Geológico 9

4.1.3. Geología Estructural 9

4.1.4. Geomorfología 10

4.1.4.1. Fotointerpretación 11

4.1.4.2. Mapas Geomorfológicos 11

4.1.5. Pendientes 12

4.1.6. Hidrogeología 12

4.1.6.1. Nivel Freático 13

4.2. Marco Geotécnico 14

4.2.1. Método Indirecto. 14

4.2.1.1. Prospección Geofísica 14

4.2.1.2. Sondeo Eléctrico Vertical 15

4.2.2. Método Directo. 16

4.2.2.1. Calicatas 16

4.2.3. Descripción y clasificación de los Suelos 17

4.2.3.1. Clasificación de Suelos (AASHTO) 17

4.2.3.2. Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) 19

4.2.3.3. Consistencia del Suelo: Límites de Atterberg. 21

4.2.3.4. Actividad de los Suelos arcillosos. 23

4.2.4. Análisis de estabilidad. Factor de Seguridad 23

3.1.1.1. Método de Talud Infinito *25*
4.2.5. Mecánica de Rocas *26*
3.1.2.1. Caracterización del Macizo Rocoso *26*
3.1.2.2. Clasificación del Macizo Rocoso RMR. *26*
5. MATERIALES Y MÉTODOS 30
4.1. Materiales 31
4.2. Métodos 32
4.3. Metodología. 32
4.3.1. Recopilación de información *32*
4.3.2. Levantamiento Topográfico *33*
4.3.3. Levantamiento Geológico *34*
4.3.4. Mapa de Pendientes *35*
4.3.5. Mapa Geomorfológico *36*
5.3.6. Exploración Geotécnica *37*
5.3.6.1. Método Indirecto: Sondeo Eléctrico Vertical (SEV). *37*
5.3.6.2. Método Directo: (Calicatas) *38*
5.3.6.3. Análisis de estabilidad: Estimación de Factor de Seguridad *40*
5.3.6.4. Mecánica de Rocas *41*
1. Ensayo de Compresión Simple *41*
2. Índice de Calidad de las Rocas. *42*
3. Clasificación de Bieniawski o del RMR (1973, 1976, 1989) *43*
6. RESULTADOS. 49
6.1 Acceso 49
6.1.1. Acceso por la Sierra. *49*
6.1.2. Acceso por la Costa *49*
6.1.3. Acceso por la Vía Aérea *50*
6.2 Ubicación Administrativa 50
6.3 Localización Geográfica. 51
6.4 Descripción Biofísica 53
6.4.1. Topografía. *53*
6.4.2. Geología Regional. *53*
6.4.3. Geología Local. *61*
6.4.4. Geología Estructural *64*
6.4.5. Pendientes. *67*
6.4.6. Geomorfología. *68*
6.4.7. Clima. *69*
6.4.8. Hidrología *70*
6.4.9. Áreas de Interés Ambiental *72*
6.5 Caracterización Geotécnica. 72
6.5.1 Método Indirecto. *73*

6.5.1.1. Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V) 73

6.5.2 Método Directo 80

6.5.2.1. Calicatas 80

6.5.3 Descripción y clasificación de los suelos. 86

6.5.3.1. Consistencia del Suelo. 87

6.5.3.2. Actividad de los suelos Arcillosos 88

6.5.3.3. Análisis de Estabilidad. 89

6.5.4 Mecánica de Rocas. 92

6.5.3.1. Ensayos de Compresión Simple. 92

6.5.3.2. Índice de Calidad de las Rocas (RQD) 94

6.5.3.3. Clasificación de Bieniawski o del RMR (1973, 1976, 1989) 99

7. DISCUCIÓN DE RESULTADOS. 107

8. CONCLUSIONES. 111

9. RECOMENDACIONES. 113

10. BIBLIOGRAFÍA. 115

11. ANEXOS. 118

VIII. ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Representación del Nivel Freático 13

Figura 2. Configuración Schumberger y Wenner..... 16

Figura 3. Carta de Casagrande para los suelos Cohesivos. 20

Figura 4. Ruta de Acceso al Sector de Estudio. 50

Figura 5. Mapa de Ubicación del Tramo 2 de la Vía Sauce - San Antonio 51

Figura 6. Área para descripción de la geología estructural – 2Km a la redonda del Segundo tramo (Km 4,5 – Km 9)) de la Vía Sauce San Antonio..... 65

Figura 7. Análisis estadístico de Pendientes..... 68

Figura 8. Microcuenca de la Quebrada Chipillico..... 71

Figura 9. Ubicación de las líneas SEV. 73

Figura 10. Curvas de resistividad procesadas con IPI2Win – SEV 4. 75

Figura 11. Representación del número de capas en SEV 4..... 76

Figura 12. Curvas de resistividad procesadas con IPI2Win – SEV 5. 77

Figura 13. Representacion del número de capas en SEV 5..... 77

Figura 14. Curvas de resistividad procesada con IPI2Win – SEV 6. 79

Figura 15. Representación del número de capas en SEV 6..... 79

Figura 16. Ubicación de Taludes Para cálculo del FS. 90

IX. ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Clasificación de Suelos AASHTO. 18

Tabla 2. Símbolos de Grupo S.U.S.C. 19

Tabla 3. Tipología de Suelos S.U.S.C. 20

Tabla 4. Características de los suelos según el S.U.S.C. 21

Tabla 5. Grado de Plasticidad del Suelo. 22

Tabla 6. Actividad de los suelos arcillosos 23

Tabla 7. Calidad de los macizos rocosos. 28

Tabla 8. Guía para la excavación y soporte en túneles y obras de ingeniería donde la condición de la roca es importante (según Bieniawski) 29

Tabla 9. Puntos de partida para el Levantamiento Topográfico. 33

Tabla 10. Clasificación de Pendientes. 36

Tabla 11. Ubicación de las Líneas SEV. 37

Tabla 12. Ubicación de Calicatas. 39

Tabla 13. Valores referenciales de cohesiones y ángulo de fricción interna en suelos. 41

Tabla 14. Ubicación de toma de Muestras de Roca. 41

Tabla 15. Puntos Ubicación de Macizos Rocosos para cálculo del RQD. 43

Tabla 16. Tabla de ajuste para la Resistencia de la Roca Intacta. 44

Tabla 17. Tabla de ajuste para el Índice de Calidad de la Roca RQD. 44

Tabla 18. Tabla de ajuste para el Espaciado de Discontinuidades. 45

Tabla 19. Tabla de ajuste para el Estado de las Discontinuidades. 46

Tabla 20. Tabla de ajuste para el Flujo de agua en las Juntas. 46

Tabla 21. Factor de Ajuste referido a la Orientación de las Discontinuidades. 47

Tabla 22. Determinación de la clase del macizo rocoso 48

Tabla 23. Significado de las clases de macizos rocosos. 48

Tabla 24. Puntos de localización geográfica de la vía. 52

Tabla 25. Coordenadas del Área de Estudio. 52

Tabla 26. Datos Estructurales. 66

Tabla 27. Clasificación de Pendiente. 67

Tabla 28. Unidades Geomorfológicas del Área de Estudio. 69

Tabla 29. Parámetros Morfométricos de la Quebrada Chipillico. 71

Tabla 30. Litología asumida de acuerdo a la variación de resistividades. 75

Tabla 31. Resultados Obtenidos del SEV4. 76

Tabla 32. Resultados Obtenidos del SEV 5. 78

Tabla 33. Resultados Obtenidos del SEV 6. 80

Tabla 34. Ficha descriptiva de calicata N°1. 83

Tabla 35. Ficha descriptiva de calicata N°2. 84

Tabla 36. Ficha descriptiva de calicata N°3. 85

Tabla 37. Clasificación de los Suelos. 86

Tabla 38. Límites de Atterberg y Contenido de Humedad. 87

Tabla 39. Estabilidad de los Taludes en el Tramo 2 de la Vía Sauce - San Antonio**.** 89

Tabla 40. Resistencia a la Compresión simple de las Rocas presentes en el Área de estudio. 92

Tabla 41. Resistencia a la Compresión simple de las Rocas presentes en el Área de estudio. 93

Tabla 42. Calculo de RQD en Afloramiento 1 (Parte Izquierda del Talud). 94

Tabla 43. Calculo de RQD en Afloramiento 1 (Parte derecha del Talud). 94

Tabla 44. Calculo de RQD en Afloramiento 2 (Parte Central del Talud). 95

Tabla 45. Calculo de RQD en Afloramiento 3 (Parte Izquierda del Talud). 95

Tabla 46. Calculo de RQD en Afloramiento 3 (Parte Central del Talud). 96

Tabla 47. Calculo de RQD en Afloramiento 3 (Parte Derecha del Talud). 96

Tabla 48. Calculo de RQD en Afloramiento 4 (Parte Central del Talud). 97

Tabla 49. Calculo de RQD en Afloramiento 2 (Parte Central del Talud). 97

Tabla 50. Calculo de RQD en Afloramiento 6 (Parte Derecha del Talud). 98

Tabla 51. Calculo de RQD en Afloramiento 6 (Parte Central del Talud). 98

Tabla 52. Calculo de RQD en Afloramiento 6 (Parte Central del Talud). 99

Tabla 53. Parámetros RMR del sistema Vertical. 100

Tabla 54. Parámetros RMR del sistema Vertical. 101

Tabla 55. Factor de Ajuste referido a la Orientación de las Discontinuidades. 102

Tabla 56. Tabla de Resultados RMR de la Toba Riolítica. 102

Tabla 57. Parámetros RMR del sistema Vertical. 103

Tabla 58. Parámetros RMR del sistema Vertical. 104

Tabla 59. Factor de Ajuste referido a la Orientación de las Discontinuidades. 105

Tabla 60. Tabla de Resultados RMR de la Lavas Dacítica. 106

X. ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Pág.

Fotografía 1. Levantamiento Topografico del Area de Estudio. 33

Fotografía 2. Trabajo de Campo.- Macizo Rocoso de Toba Andesítica. 35

Fotografía 3. Equipo "ABEM" modelo Terrameter SAS 1000, para realizar los Sondeos Eléctricos Verticales SEV perteneciente al laboratorio CIA. LTDA ESTSUELCON... 38

Fotografía 4. Muestras de suelo (N° 3); Peso 20Kg. Para clasificación SUCS y ASSTHO. Entregadas al laboratorio CIA. LTDA ESTSUELCON. 39

Fotografía 5. Muestra de Roca (Toba Dacítica) Perfilando la roca para obtener el cubo de 5cm x 5cm. En el laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA. 42

Fotografía 6. Toba Andesítica compactada en la parte superior y disgregas en la parte inferior. 62

Fotografía 7. Lavas blancas de composición dacítica que presentan micas y cuarcitas. 62

Fotografía 8. Coluvio – Aluvial presente a un margen de la vía con clastos redondeados y de forma irregular mayor a 7 cm. 63

Fotografía 9. Macizo de Toba Riolítica de coloración blanca, presenta vegetación, fracturas con apertura de 2mm. 64

Fotografía 10. Parámetros para el cálculo del RMR. 100

Fotografía 11. Parámetros para el cálculo del RMR. 103

1. TÍTULO

Estudio Geológico - Geotécnico para la ampliación de la vía Sauce - San Antonio Kilómetro 4.5 - 9, a nivel de lastrado, ubicado en el Cantón Paltas, Provincia de Loja.

2. RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado "Estudio Geológico - Geotécnico para la ampliación de la vía Sauce - San Antonio Kilómetro 4.5 - 9, a nivel de lastrado, ubicado en el Cantón Paltas, Provincia de Loja" tuvo por objeto describir las propiedades de los materiales presentes en la zona de estudio desde el punto de vista geológico y geotécnico. Para esto se realizó el levantamiento topográfico y geológico cuya área es de 448,07 Ha, sus cotas van desde los 1008 m. s.n.m que corresponde a la parte más baja, aumentando progresivamente a los 1296m s.n.m; localmente la geología del sector de estudio comprende principalmente dos Unidades como son: Catacocha constituida por Toba andesítica compacta y disgregada así como la Unidad Loma Blanca constituida por Tobas Riolíticas; la exploración geotécnica se realizó mediante la aplicación de métodos directos e indirectos, las calicatas que forman parte de los métodos directos dieron paso a la clasificación de los suelos en el tramo de la vía para lo cual se realizaron 3; obteniendo un suelo A-2-4 que según la clasificación AASTHO corresponde a gravas y arenas limo-arcillosas; en cuanto a los método indirectos se aplicó los Sondeos Eléctricos Verticales en un número de tres obteniendo valores de resistividad desde los 6,31 Ω.m hasta 91,9 Ω.m rangos que se clasificaron de acuerdo a la geología del sector, para la caracterización del macizo rocoso se realizó 3 ensayos de compresión uniaxial obteniendo esfuerzos desde los 264,27 Kg/cm^2 hasta los 477,18 Kg/cm^2; mediante el método de ventanas se obtuvo el RQD dando como resultado un RMR de Clase II equivale a Bueno.

ABSTRACT

The present research work entailed “Studies geologic” geologic study for the enlargement of the way Sauce san Antonio kilometer 4.5-9 ballast level located in the canton Paltas province of Loja” in has as a porpoise to describe the properties of the present materials in the study jone from of geogical and geotechnical view for this. I made the topographic and geological gathering its area is 448.07 hectares its dimensions area 1008 meter above sea level that corresponds to the slowest part growing progressively to the 1296 meters above sea level locally the geology of the survey place has two principal measurement units Catacocha Constituted by Tobas Riolíticas The geotechnical exploration was made through out the application of direct and indirect methods, the piches that make part of the direct methods gave pass to the classification of the soils in the white way the were classified in 3 obtaining a soil A-2-4 according to the classification AASTHO belongs to the graval and sand clay loams; about to the indirect methods was applied the vertical electric probes in a number of there obtaining resistivity valves from 6.31 meters to 91.9 meters ranges that were classified according to the geological place, for the characterization of the rock mass I made 3 essays about uniaxial comprehension obtaining efforts from 264.27 kg/cm2 to 477.18 kg/cm2 though the window method got the ROD as a result RMR of the type if it belongs at the good.

3. 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 del Ecuador, se ha visto reflejada en el mal estado de las mismas en términos de mediano y largo plazo; Según las cifras oficiales del Ministerio de Transporte y Obras Públicas la inversión en infraestructura vial realizada en la provincia de Loja durante el 2016 es $103,70 millones de dólares, por lo que la Dirección Distrital en el 2017 desarrollará a través del Plan Estratégico de Movilidad (2017-2030), una intervención de 192,09 km de vías nuevas mejorando así el desarrollo de los pueblos mediante la interconexión vial. (MTOP 2016).

El desarrollo Vial es muy indispensable para el progreso de los pueblos sin embargo este se da a través de los diferentes organismos de Gobierno como son Prefecturas, Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) y Juntas Parroquiales quienes destinan su maquinaria por lo general para obras con visión acorto Plazo para cumplir las necesidades puntuales de la comunidad. En consecuencia, se desarrollan obras con mínimos estudios técnicos lo que implica un conjunto de problemas geológicos, geotécnicos, civiles y ambientales.

Las vías son obras de ingeniería que más información geológica requieren desde su planeación hasta su conservación, por lo que es muy importante conocer “la diversidad del medio geológico y la complejidad de sus procesos, donde los factores geológicos son los condicionantes de un proyecto vial, esto puede suceder debido a los riesgos geológicos cuya incidencia puede afectar a la seguridad o a su viabilidad; así como también pueden influir todos aquellos factores geológicos cuya presencia condiciona técnica y económicamente a la obra. (MTOP 2016).

Los diseños alternativos y carentes de información inciden en serias y costosas falencias al momento de ejecución de una obra, un proyecto vial involucra un grupo interdisciplinario de profesionales, así mismo un gran número de estudios que

condicionan o están condicionados por el trazado y el diseño geométrico. Los estudios geotécnicos viales tienen como propósito determinar los parámetros de comportamiento geotécnico de los materiales comprometidos (rocas, suelos), analizando las condiciones de servicio a que estos serán sometidos pudiendo así predecir su comportamiento mecánico ante cargas y sobrecargas teniendo en cuenta las condiciones geológicas, hidrológicas y topográficas de un sector específico.

Las eventualidades que se desarrollan al momento de realizar una ampliación de vía sin los estudios técnicos adecuados resulta muy perjudicial debido a la falta de información que prevean un despeje adecuado del terreno, la interacción del comportamiento geomecánico entre las propiedades mecánicas de las rocas y suelos, la estimación errónea o su omisión de la estabilidad de los taludes, lo que suele generar un deterioro progresivo de esta en casos extremos (especialmente cuando las condiciones meteorológicas son adversas), provocando pérdidas económicas al estado y pérdidas humanas.

En lo concerniente a la vía Sauce – San Antonio su problema radica principalmente en la irregularidad del ancho de la vía que va de 5 a 6m, lo que no es lo suficientemente amplio (es angosta) para permitir un tránsito vehicular seguro ya que la parroquia a la cual conecta es muy visitada por sus verdaderos encantos naturales y rastros privilegiados de la cultura ancestral Paltense.

Otro de los problemas que es necesario plasmar es la presencia de la quebrada Playas o Chipillico y un puente construido sobre la misma, ubicado en las coordenadas X: 648766; Y: 9558410; Z: 998; por lo cual la necesidad de comprender los problemas que conlleva la presencia de esta y además conocer como está afectando a la obra.

Es por estas razones que se ha optado por realizar un Estudio Geológico –Geotécnico de la vía Sauce - San Antonio que abarca una longitud 4.5 Km siendo una vía de tercer orden que conecta dos parroquias.

El mal estado de esta vía afecta significativamente a la población ya que es una zona de gran producción ganadera y agrícola además de ser muy visitada por sus encantos naturales y sus rastros ancestrales; 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 de la Provincia, con este estudio geológico-geotécnico se pretende eliminar estos problemas para que así los sectores involucrados puedan desarrollarse de una manera digna.

En el trazado, diseño u ampliación de una vía existen algunos aspectos que son de gran importancia y se deben de tener en cuenta en el momento de iniciar el proyecto a fin de obtener el más apropiado desde el punto de vista técnico, económico, social y ambiental. En este contexto, se prevé objetivos claros para un correcto trabajo técnico:

Objetivo General:

Realizar el estudio Geológico - Geotécnico para la ampliación de la vía Sauce - San Antonio Kilómetro 4.5 – 9, a nivel de lastrado, ubicado en el Cantón Paltas, Provincia de Loja.

Objetivos Específicos:

- Realizar el levantamiento topográfico y geológico a escala detalle de la vía Sauce – San Antonio identificando los principales rasgos litológicos y estructurales.
- Determinar la resistividad del subsuelo mediante el sondeo eléctrico vertical (SEV).
- Obtener las propiedades físico – mecánicas de las rocas a partir del ensayo de compresión simple o uniaxial.
- Calcular el Índice de calidad de la Roca (RQD) y el Factor De Seguridad -FS- en los taludes que comprende 4.5km de la vía Sauce – San Antonio.

Al analizar el alcance del presente trabajo se definió el realizar un estudio geológico - geotécnico con todas las actividades de campo (muestreo de rocas, suelos y ensayos), el

análisis e interpretación de la información (geológica, geo estructural, geotécnica y geofísica); información requerida para la ampliación de la vía Sauce - San Antonio que comprende una longitud de 4.5 km a nivel de lastrado, ubicado en el Cantón Paltas, Provincia de Loja, que además servirá como insumo para la Junta parroquial de San Antonio.

Para dar cumplimiento al alcance propuesto será necesario el levantamiento de información a detalle del sector; tal como es su topografía, geología, aplicación e interpretación de ensayos (de las muestras de campo) entre los cuales están: resistencia a la compresión simple -RCS-, descripción de calicatas y Sondeos Eléctricos Verticales –SEV-, obteniendo así datos reales que serán procesados y analizados para el cumplimento del presente trabajo investigativo.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Marco Geológico

4.1.1. Topografía

Brinker y Wolf (2007), define por topografía a: "el conjunto de principios, métodos, instrumentos y procedimientos utilizados para la determinación del entorno, dimensiones y posición relativa de una porción limitada de la superficie terrestre. Sin embargo, en un sentido más general, la topografía se puede considerar como la disciplina que comprende todos los métodos para medir, procesar y difundir la información acerca de la tierra y nuestro ambiente.

Franquet y Querol (2010) el levantamiento topográfico es el conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfica o plano. Este plano resulta esencial para situar correctamente cualquier obra que se desee (edificios, vías entre otros)

Estos conceptos básicos se ejecutaron y plasmaron al momento de realizar el levantamiento topográfico mediante la medición, procesamiento e interpretación de la información de la vía en estudio, con la estación total S6.

4.1.2. Geología

Tarbuck E, Lutgens F., (2005) manifiesta que la terminología proviene del griego geo, «Tierra», y logos, «discurso». Es la ciencia que persigue la comprensión del planeta Tierra. La ciencia de la geología se ha dividido tradicionalmente en dos amplias áreas: la física y la histórica.

La Geología física, estudia los materiales que componen la tierra y busca comprender los diferentes procesos que actúan debajo y encima de la superficie terrestre. El

objetivo de la geología histórica es comprender el origen de la tierra y su evolución a lo largo del tiempo.

4.1.2.1. Mapa Geológico

Thomas, J.A.G. (1977) un mapa geológico es la representación, sobre un mapa topográfico, de los diferentes tipos de unidades geológicas que afloran en la superficie terrestre, así como de sus respectivos contactos. En un mapa geológico se reflejan también las estructuras tectónicas (pliegues, fallas, etc.), los yacimientos de fósiles, aspectos hidrogeológicos (fuentes, red de drenaje, etc.), recursos minerales.

La geología es la base fundamental para la realización de proyectos geotécnicos por lo que en este trabajo de investigación se realizó el levantamiento geológico mediante la descripción de afloramientos lo que nos permite conocer los diferentes tipos de litología que presenta el área de estudio (geología física); determinando así la cronología de las unidades que afloran en este sector (geología histórica), plasmando así estos datos en un denominado mapa geológico.

4.1.3. Geología Estructural

Belousov V., (1979); explica que la geología estructural es una parte de la geotectónica, es decir, de esa asignatura geológica que estudia las particularidades de la estructura y desarrollo de la corteza terrestre relacionada a los procesos mecánicos, movimientos y deformaciones que tiene lugar en ella. En esta temática se considerará como estructuras geológicas a cualquier falla o fractura en la corteza terrestre que se dividen bloques con movimiento relativos entre ellos.

Pliegues, son superficies que presentan variaciones en su curvatura, la curvatura puede ser positiva, negativa o cero. Los pliegues se clasifican de acuerdo a las

relaciones estratigráficas de la sucesión involucrada y su arreglo espacial. Si en un pliegue las rocas más viejas se encuentran hacia el lado cóncavo se trata de un anticlinal. Si en el pliegue las rocas más jóvenes se encuentran hacia el lado cóncavo se trata de un sinclinal. (UNAM, 2011).

Fallas y fracturas, son estructuras características del régimen de deformación frágil. Las fracturas son superficies de ruptura o discontinuidad en las rocas. Las fallas son superficies de ruptura a lo largo de las cuales ha ocurrido algún desplazamiento diferencial significativo. (UNAM, 2011).

Diaclasas, son aquellas rocas que están característicamente rotas por fracturas lisas conocidas como diaclasas. Las diaclasas se pueden definir como planos divisorios o superficies que dividen las rocas, y a lo largo de los cuales no hubo movimiento visible paralelo al plano o superficie. Las diaclasas pueden tener cualquier posición; algunas son verticales, otras son horizontales y muchas están inclinadas en ángulos variables. (Billings 1974).

Los conceptos planteados en este trabajo de tesis ayudaron al reconocimiento en campo de la geología estructural lo cual permitió el levantamiento de las foliaciones (planos geológicos), análisis de la deformación tectónica de las rocas presentes, reconocimiento de las estructuras tectónicas en el sector (fallas, diaclasas) ayudando a entender la evolución estructural con respecto a los patrones regionales generalizados de las rocas como la formación de las montañas, apertura de dorsales debido a las placas tectónicas.

4.1.4. Geomorfología

Escobar, G. (2003), “La geomorfología es la ciencia que estudia las formas de la Tierra, se especializa en estructural (que atiende a la arquitectura geológica) y climática (que se interesa por el modelado), incorpora las técnicas estadísticas

sedimentológicas, en laboratorio y, sobre todo, pierde su aislamiento para convertirse en una ciencia que atiende múltiples factores e inserta el estudio del relieve al conjunto de relaciones naturales que explica globalmente la geografía física".

4.1.4.1. Fotointerpretación

La fotointerpretación más que una ciencia, puede ser considerada como la técnica o arte apropiada de examinar imágenes fotográficas de un área u otros elementos, con el propósito de identificar diferentes componentes captados por la película, que se encontraban sobre la superficie al momento de fotografiarla y que pueden suministrar información de interés para ingenieros civiles, forestales, agroforestales, agrónomos, geólogos, entre otros. (González l, Ferrer m, Ortuño L, & Oteo C. 2004).

4.1.4.2. Mapas Geomorfológicos

Peña Moné, J.L. (1997) estos representan mediante tramas, colores y símbolos el relieve de un área concreta de la superficie terrestre, continental u oceánica, se trata de mapas detallados con contenidos morfométricos, morfográficos, morfogenéticos y morfocronológicos que se sintetizan en cartografías básicas, teóricas o generales que tienen una representación variada y compleja.

Los mapas geomorfológicos son muy importantes para la planificación territorial contienen la información esencial para elaborar cartografías aplicadas y las formas de relieve se conforman integrando unidades territoriales.

El levantamiento de la geomorfología se lo realizo mediante la observación en campo de las geoformas o relieve (geografía física), así como también se realizó mediante la fotointerpretación de fotografías aéreas mediante la utilización de DEM; mediante

la suma de diferentes parámetros como son, geología, fotointerpretación, geoformas se obtienes el denominado mapa geomorfológico.

4.1.5. Pendientes

Uno de los conceptos con el que la mayoría de los profesionales de la planificación del paisaje o de la topografía están familiarizados es el de medir pendientes. La pendiente es una forma de medir el grado de inclinación del terreno. A mayor inclinación mayor valor de pendiente. La pendiente se mide calculando la tangente de la superficie. La tangente se calcula dividiendo el cambio vertical en altitud entre la distancia horizontal. (Burrough, P.A, 1986).

Las pendientes permiten conocer el grado de inclinación en el terreno esto se representa en un mapa de pendientes donde constan las áreas y porcentaje de las pendientes del área en estudio.

4.1.6. Hidrogeología

Mijailov, L., (2010) 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 suelos y rocas, su estado (líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas y químicas); así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación.

4.1.6.1. Nivel Freático

Tarbuck E, Lutgens F (2005) menciona al nivel freático, como el límite superior de la zona de saturación, es un elemento muy significativo del sistema de aguas subterráneas como se muestra en la **Figura 1.** El nivel freático es importante para predecir la productividad de los pozos y explicar los cambios de flujo de las corrientes y los manantiales, justificando las fluctuaciones del nivel de los lagos.

Una influencia importante es el hecho de que el agua subterránea se desplaza muy despacio y a velocidades variables bajo diferentes condiciones; debido a ello, el agua tiende a debajo de las áreas altas entre valles de corrientes fluviales. Si la lluvia cesara por completo, estas, de agua freática se hundirían lentamente y se aproximarían de manera gradual al nivel de los valles. Las definiciones típicas de hidrogeología enfatizan la ocurrencia, distribución, movimiento e interacción geológica del agua en la corteza terrestre. (Tarbuck E, Lutgens F 2005)

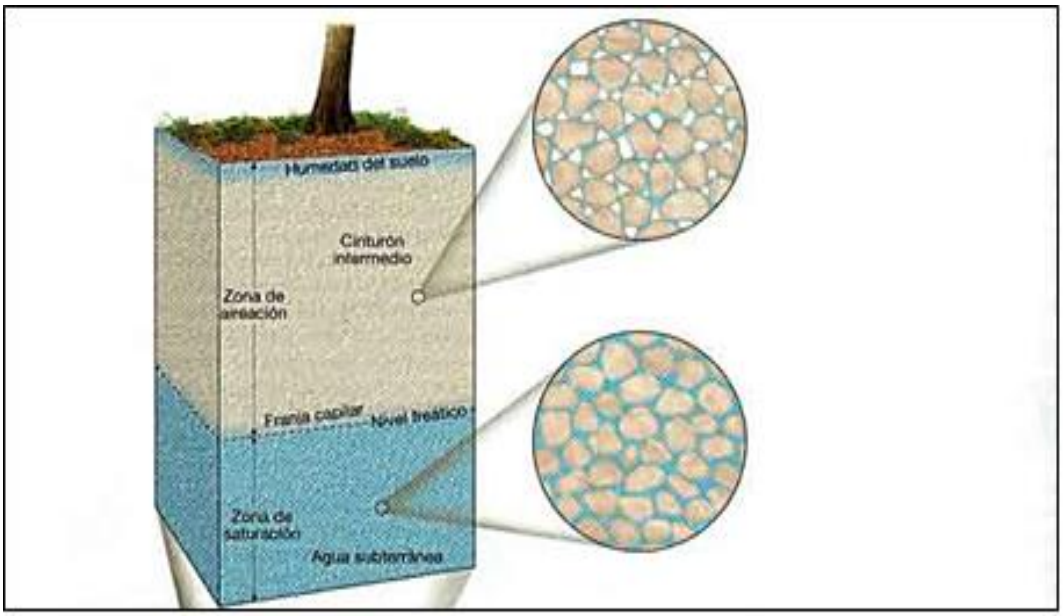


Figura 1. Representación del Nivel Freático
Fuente: Tarbuck E, Lutgens F, Ciencias de la Tierra, 2005.

La hidrogeología es un tema interdisciplinario y también abarca aspectos de la hidrología. La hidrología ha sido definida como el estudio de la ocurrencia y movimiento de agua sobre y sobre la superficie de la Tierra independiente de la filtración de agua subterránea y manantiales que sostienen el río fluye durante los períodos secos estacionales. Sin embargo, una división demasiado estricta entre los dos sujetos es inútil, particularmente cuando se trata de descifrar el impacto de las actividades ingenieriles con la interrelación suelo-agua.

La presencia de la quebrada Chipillico en el tramo 2 de la Vía Sauce - San Antonio influye para determinar la profundidad del nivel freático que se realiza normalmente a través de sondeos, los cual detecta la presencia de agua en el subsuelo. Las características geológicas y climáticas del lugar son las que determinan las condiciones por las cuales se pueden llevar acabo estos sondeos para determinar la profundidad del nivel freático.

4.2. Marco Geotécnico

4.2.1. Método Indirecto.

4.2.1.1. Prospección Geofísica

La Geofísica es la aplicación de los principios y prácticas de la Física para la resolución de los problemas relacionados con la Tierra. Con los métodos geofísicos se puede investigar zonas sin acceso para el ser humano, como el interior de la tierra. En la búsqueda de yacimientos metalíferos (prospección, exploración) estos métodos pueden dar informaciones sin hacer una perforación de altos costos. Existen varios métodos geofísicos los cuales aprovechan propiedades físicas de las rocas.

Pero todos dan solamente información indirecta, es decir nunca sale una muestra de una roca. (N. Gella & J. Bruggen, 1930).

Los principales métodos que se han desarrollado hasta hoy:

- Método sísmico
- Método de resistividad eléctrica
- Sondeos eléctricos verticales (SEV)
- Métodos magnéticos y gravimétricos
- Refracción/Reflexión
- Tomografías Geoeléctricas
- Electromagnetismo
- Georadar o GPR
- El PID (Photo Ionization Detector) y el IR (Infra Red Analyzer)

4.2.1.2. Sondeo Eléctrico Vertical

Orellana E. 1982, en su obra "Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua", expresa literalmente que: "Se conoce como sondeo eléctrico vertical (SEV) a una serie de determinaciones de resistividad aparente, efectuadas con el mismo tipo de dispositivo y separación creciente entre los electrodos de emisión y recepción de corriente.

Las configuraciones geométricas posibles para la ejecución de los SEV son generalmente tres, Schlumberger, Wenner como se muestra en la **Figura 2,** y Dipolo-Dipolo. Este método consiste en la inyección de corriente eléctrica continua en la tierra proveniente de una fuente artificial a través de un par de electrodos de cobre o impolarizables AB. A través de otro par de electrodos de cobre o impolarizables MN colineales con AB, se mide la diferencia de potencial eléctrico entre ambos.

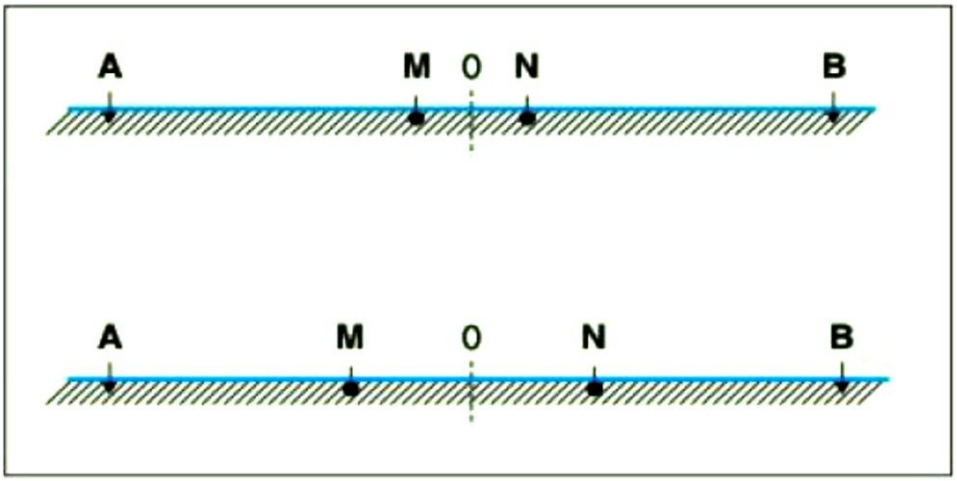


Figura 2. Configuración Schlumberger y Wenner

Fuente: Orellana, Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua**,** 2004

4.2.2. Método Directo.

4.2.2.1. Calicatas

González L, Ferrer M, Ortuno L, & Oteo C (2004); mencionan que las calicatas, zanjas, rozas, pozos, etc., consisten en excavaciones realizadas mediante medios mecánicos convencionales, que permiten la observación directa del terreno a cierta profundidad, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ.

Las calicatas son uno de los métodos más empleados en el reconocimiento superficial del terreno, y dado su bajo coste y rapidez de realización, constituyen un elemento habitual en cualquier tipo de investigación in situ. Suele considerarse profundidades menor a 4 m y se detalla una pared previamente defina.

4.2.3. Descripción y clasificación de los Suelos

Crespo C. (2011) menciona al suelo como una delgada capa sobre la corteza terrestre del material, que proviene de la desintegración y/o física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asienta. Los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril. Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje común para expresar en forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas sin una descripción detallada.

Actualmente, dos sistemas de clasificación que usan la distribución por tamaño de grano y plasticidad de los suelos son usados comúnmente por los ingenieros de suelos. Éstos son el Sistema de Clasificación AASHTO y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). El Sistema AASHTO lo usan principalmente los departamentos de caminos estatales y de condados, mientras que los ingenieros geotécnicos usualmente prefieren el Sistema Unificado. (Braja M. Das. 1999).

4.2.3.1. Clasificación de Suelos (AASHTO)

Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Ha sido objeto de varias revisiones, con la actual versión propuesta por la Comisión de Clasificación de Materiales para los Tipos de Carreteras Subrasantes y Granulares de la Junta de Investigación de Carreteras en 1945 (Norma ASTM D-3282; método AASHTO M145).

La nomenclatura de los límites de los tamaños recomendados están en base a los sistemas de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y del Unified Soil Classification (Corps of Engineers, Department of the Army y Bereau of Reclamation). Los suelos se clasifican en 7 grupos, basándose en la composición granulométrica, en el límite e índice de plasticidad de un suelo, como se muestra en la **Tabla 1.** (Braja M. Das. 2012)

La evaluación de cada grupo, se hace por medio de su "Índice de Grupo", el cual es calculado mediante una formula empírica. Para realizar esta clasificación es necesario desarrollar los ensayos de laboratorio como: a) Análisis granulométrico; b) Límite líquido y plástico, índice de plasticidad.

Índice de grupo IG = (F − 35) (0,2 + 0.005 (LL − 40)) + 0,01 (F − 15) (IP − 10)

Dónde:

F= Porcentaje que pasa por 0.075 mm, expresado en números enteros.

LL= Límite Líquido.

IP =Índice de Plasticidad.

El resultado se da en números enteros y si es negativo será 0, se usa el valor del índice de plasticidad de la fórmula, para calcular índices de grupo de los subgrupos A-2-6 y A-2-7, cuando la muestra no es plástica el índice de grupo es 0. Este sistema especifica los siguientes grupos:

Grava: pasa por el tamiz de 3" y es retenido en el tamiz N° 10

Arena gruesa: pasa por el tamiz N° 4 y es retenido en el tamiz N° 100

Arena fina: pasa por el tamiz N° 40 y retenido en el tamiz N° 200

Limo arcilla: pasa por tamiz N° 200

Tabla 1. Clasificación de Suelos AASHTO.

Clasificación General	**Materiales Granulares 35% o (menos pasa por el tamiz #200)**							**Materiales limo-arcillosos (más del 35% pasa por el tamiz #200)**			
Clasificación de Grupo	A-1		A-3					A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamizado % que pasa.											
N°10 (2,00mm)	50 max.										
N°40 (425um)	30 max.	50 max.	51 min.								

N°200 (75um)	15 max.	25 max.	10 max	35 max .	35 max.	35 max.	35 max.	36 min	36 min	36 min	36 min.
Consistencia											
Limite liquido				40max				40 max	41 min	40 max	41 min
Índice de Plasticidad	6 max		N.P	10max				10max	10max	11 min	11 min
Tipos de Materiales Característicos.	Cantos, Grava y Arena		Arena Fina	Grava y arena Limo – Arcillosa				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Calificación	Excelente a Bueno							Regular a Malo			
La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2. El índice de plasticidad del subgrupo a-7-5 es igual o menos que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL – 30.											

Fuente: Clasificación AASHTO, Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones, Adaptada Guerrero C, 2015.

4.2.3.2. Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Crespo C. (2011) los suelos de partículas gruesas y partículas finas se distinguen mediante el cribado del material por la malla N° 200. Los suelos corresponden a los retenidos en dicha malla y los finos a los que pasan, y así un suelo se considera grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en la malla N° 200, y fino si más del 50 % de sus partículas son menores que dicha malla, la simbología se detalla en la **Tabla 2.**

Tabla 2. Símbolos de Grupo S.U.S.C.

Tipo De Suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobremente Graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico.	O	Límite Líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite Líquido bajo (<50)	H

Fuente: Símbolos S.U.C.S. Casagrande, 1942, Manual de Carreteras, 2000

En función de los símbolos pueden establecerse diferentes combinaciones que definen uno y otro tipo de suelos para lo cual se detalla en la **Tabla 3.**

Tabla 3. Tipología de Suelos S.U.S.C.

Símbolo	Características Generales		
GW	Gravas(>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos <5%)	Bien graduadas
GP			Pobremente Graduadas
GM		Con Finos (Finos (>12%)	Componente Limoso
GC			Componente Arcilloso
SW	Arenas (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos <5%)	Bien graduadas
SP			Pobremente Graduadas
SM		Con Finos (Finos (>12%)	Componente Limoso
SC			Componente Arcilloso
ML	Limos	Baja Plasticidad (LL <50)	
MH		Alta Plasticidad (LL>50)	
CL	Arcillas	Baja Plasticidad (LL <50)	
CH		Alta Plasticidad (LL>50)	
OL	Suelos Orgánicos	Baja Plasticidad (LL <50)	
OH		Alta Plasticidad (LL>50)	
Pt	Turbas	Suelos Altamente Orgánicos	

Fuente: Tipología de Suelos S.U.C.S. Casagrande 1942, Manual de Carreteras, 2000

Se utiliza la siguiente carta como se muestra en la **Figura 3,** para determinar el estado cohesivo de los suelos:

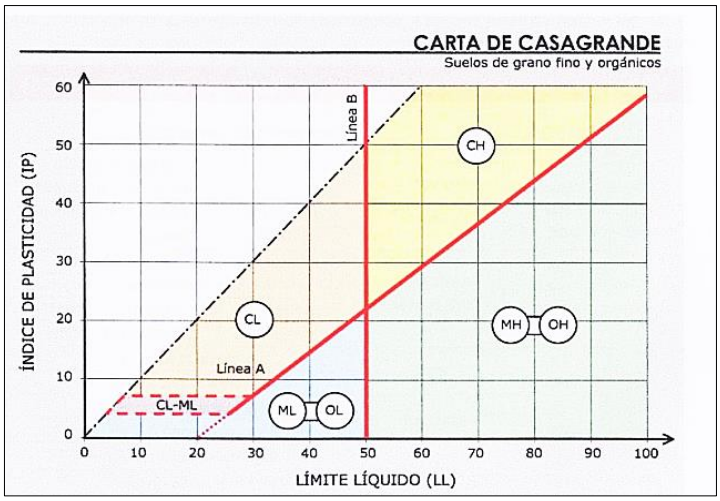


Figura 3. Carta de Casagrande para los suelos Cohesivos.

Fuente: Casagrande**,** Mecánica de Suelos, 1942.

De acuerdo a las tablas anteriores se puede deducir la **Tabla 4**, donde se muestra a clasificación de los suelos según el sistema de clasificación S.U.C.S

Tabla 4. Características de los suelos según el S.U.S.C.

Divisiones Principales		Símbolo	Comportamiento Mecánico	Capacidad de Drenaje	Densidad Óptima P.M	CBR In situ
Suelos de Grano Grueso	Gravas	GW	Excelente	Excelente	2.00-2.24	60-80
		GP	Excelente	Excelente	1.76-2.08	25-60
		GM	Aceptable a Mala	Aceptable a Mala	2.08-2.32	40-80
		GC	Mala a imperceptible	Mala a imperceptible	1.92-2.24	20-40
			Mala a Imperceptible	Mala a Imperceptible	1.92-2-24	20-40
	Arenas	SW	Excelente	Excelente	1.76-2.08	20-40
		SP	Excelente	Excelente	1.60-1.92	10-25
		SM	Aceptable a Mala	Aceptable a Mala	1.92-2.16	20-40
		SC	Mala a imperceptible	Mala a imperceptible	1.68-2.08	10-20
			Mala a Imperceptible	Mala a Imperceptible	1.68-2.08	10-20
Suelos de Grano Fino	Limos y Arcillas (LL<50)	ML	Aceptable a Mala	Aceptable a Mala	1.60-2.00	5-15
		CL	Casi imperceptible	Casi imperceptible	1.60-2.00	5-15
		OL	Mala	Mala	1.44-1.70	4-8
	Limos y Arcillas (LL>50)	MH	Aceptable a Mala	Aceptable a Mala	1.28-1.60	4-8
		CH	Casi imperceptible	Casi imperceptible	1.44-1.76	3-5
		OH	Casi imperceptible	Casi imperceptible	1.28-1.68	3-5
Suelos Orgánicos		Pt	Aceptable a mala	Aceptable a mala	-	-

Fuente: Característica de los suelos según el S.U.C.S. Casagrande 1942, Manual de Carreteras, 2000

4.2.3.3. Consistencia del Suelo: Límites de Atterberg.

La condición física de la mezcla de suelo y agua está denotada por la Consistencia, está se define como la resistencia al flujo, que está relacionado con la fuerza de atracción entre partículas y es más fácil de sentir físicamente que de describir cuantitativamente. (Yong & Warketin, 1966)

Límite Líquido: El Límite Líquido LL es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado líquido. En este estado la mezcla se comporta como un fluido viscoso y fluye bajo su propio peso. Por debajo de éste

contenido de humedad la mezcla se encuentra en estado plástico. Cualquier cambio en el contenido de humedad a cualquier lado de LL produce un cambio en el volumen del suelo. (Terzaghi & Peck 1967)

Límite Plástico: El Límite Plástico LP es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado plástico. En este estado la mezcla se deforma a cualquier forma bajo ligera presión. Por debajo de éste contenido de humedad la mezcla está en un estado semi sólido. Cualquier cambio en el contenido de humedad a cualquier lado de LP produce un cambio en el volumen del suelo. (Terzaghi & Peck 1967)

Índice de Plasticidad IP: describe el rango de contenido de humedad natural sobre el cual el suelo es plástico. El índice de plasticidad IP, es por tanto numéricamente igual a la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico:

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad es útil en la clasificación ingenieril de suelos como se muestra en la **Tabla 5,** un suelo con un IP= 2 tiene una gama muy estrecha de plasticidad, por el contrario, un suelo con un IP = 30 tiene características plásticas muy elevadas, con fines de construcción se especifican suelos con un determinado IP plasticidad que se encuentra por debajo de cierta cantidad dada; los departamentos de caminos casi siempre requieren que la base de pavimentación de las carreteras tenga un IP < 4.

Tabla 5. Grado de Plasticidad del Suelo.

Plasticidad	Descripción del Suelo	Rango IP
Nula	Limo	0 - 3
Baja	Limo con trazas de Arcillas	4 - 15
Media	Limo arcilloso Arcilla limosa Arcillas y limos orgánicos	16 - 30
Alta	Arcilla limosa Arcilla	>31

Fuente: SOWERS, Introducción y Fundamentos a la Mecánica de Suelos: Ingeniería Geotécnica, 1979.

4.2.3.4. Actividad de los Suelos arcillosos.

Por lo general los suelos arcillosos están constituidos por un 40 a 70% de partículas que contienen minerales de arcilla que dan plasticidad al suelo como se observa en la **Tabla 6**. Si aumenta la cantidad de minerales de arcilla proporcionalmente también serán afectados el límite líquido y plástico del suelo; el índice de plasticidad del suelo aumenta linealmente con el incremento en porcentaje de partículas de arcilla (de tamaño menor a 2 mm), esta proporción lineal variará de acuerdo al tipo de minerales de arcilla que contenga el suelo. (SKEMPTON 1953)

SKEMPTON 1953 definió una cantidad llamada actividad como la pendiente de la línea que correlaciona el índice de plasticidad y la fracción en peso de las partículas compuestas de minerales de arcilla expresada en porcentaje, que será:

$$\mathbf{A} = \frac{IP}{\text{Fracción de Finos en \%}}$$

Tabla 6. Actividad de los suelos arcillosos

Clasificación	Actividad	Mineral Predominante
Baja	A ≤1	Caolinita
Media	1< A ≤ 4	Illita
Alta	A > 4	Montmorillonita

Fuente: SKEMPTON, 1953.

4.2.4. Análisis de estabilidad. Factor de Seguridad

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). El factor de seguridad es un factor “F” por el

cual deben dividirse las fuerzas tangenciales resistentes para alcanzar el equilibrio estricto.

$$F = \frac{\text{Fuerzas Estabilizadoras}}{\text{Fuerzas Desestabilizadoras}}$$

O lo que es lo mismo:

$$F = \frac{\text{Fuerzas Tangenciales Resistentes}}{\text{Fuerzas Tangenciales Deslizantes}}$$

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 deja de ser estable. La necesidad de utilizar valores de Fs > 1 surge como consecuencia de los siguientes factores:

- 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

3.1.1.1. Método de Talud Infinito

Suarez (2009) el método del talud infinito es un sistema muy rápido y sencillo para determinar el factor de seguridad de un talud, suponiendo un talud largo con una capa de suelo, en el cual, cualquier tamaño de columna de suelo es representativo de todo el talud. Las suposiciones del método del talud infinito son las siguientes: suelo isotrópico y homogéneo, talud infinitamente largo y superficie de falla paralela al talud.

Para obtener el factor de seguridad se lo expresa mediante dos ecuaciones dependiendo de las condiciones que presenten los taludes de modo que si el Factor de Seguridad es menor a la unidad este es inestable teniendo que aplicar medidas de remediación y si el factor de seguridad es mayo o igual a la unidad este será estable. Las condiciones pueden clasificarse en drenado y no – drenado.

$$\mathbf{Fs\ (seco)} = \frac{c}{\gamma * H * \cos^2\beta * \tan\beta} + \frac{\tan\theta}{\tan\beta}$$

$$\mathbf{Fs\ (sat)} = \frac{c}{\gamma sat * H * \cos^2\beta * \tan\beta} + \frac{\gamma' * \tan\theta}{\gamma sat * \tan\beta}$$

Dónde:

c.- Cohesión.

γ.- Peso específico del material.

γ sat.- Peso específico del agua

θ.- Ángulo de fricción interna.

β.- Ángulo de trabajo.

H.- Altura del talud.

4.2.5. Mecánica de Rocas

Deere (1963), 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.

3.1.2.1. Caracterización del Macizo Rocoso

La caracterización de un macizo rocoso viene a constituir la fase inicial en todo estudio geológico- geotécnico, y está basado en la descripción de las características particulares que influyen en el comportamiento mecánico del macizo, para hacer frente a los procesos de excavación ya sea a cielo abierto o subterráneo. La caracterización de macizos está fundamentada en la descripción de afloramientos y sondajes de perforación, acopladas a ensayos y medidas adicionales de laboratorio (Hernán Gavilanes y Byron Andrade, 2004).

3.1.2.2. Clasificación del Macizo Rocoso RMR.

Las caracterizaciones geo mecánicas determinan la sistemática del diseño empírico en la ingeniería de rocas y relaciona la experiencia práctica ganada en diferentes proyectos con las condiciones existentes en determinado sitio. La clasificación de macizos conforma la columna vertebral del diseño empírico de los proyectos. La clasificación geo mecánica más conocida es la RMR (acrónimo del inglés rock mass rating) es un sistema de clasificación geo mecánica presentado por el Ing. Bieniawski en 1973. (Gavilanes J. Hernán & Andrade Haro, Bayron. 2004). Los parámetros

usados para clasificar un macizo rocoso utilizado por el sistema RMR; son los que se nombra a continuación:

1. **Resistencia a la compresión simple (RCS):** Propiedades físico – 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. El ensayo permite determinar en laboratorio la resistencia uniaxial no confinada de la roca y sus constantes elásticas: el módulo de Young y coeficiente de Poisson., σc=F/A. (González de Vallejo, 2004).

2. **Índice de la calidad de la roca (RQD):** La calidad de roca R.Q.D se puede determinar a partir de juntas Jv que indican el número de juntas por m3 observadas en un afloramiento. El RQD hay que tomarlo con las debidas precauciones, ya que su valor depende no solo de la fracturación del macizo rocoso, su dirección y diámetro. (Deere 1963).

   Muchas veces se estima el RQD sumando las fisuras de las grietas de manera independiente en cada uno de los ejes (X, Y), por lo cual se realiza un levantamiento en pequeñas ventanas de 1m2 en el afloramiento asumiendo que las fracturas continúan 1m dentro del talud y se lo multiplica por un factor de 1.15 si las grietas son horizontales, y por 1.5 si las grietas son verticales. Para lo cual se utiliza la siguiente formula:

$$\textbf{R.Q.D} = 115 - 3{,}3.J.v$$

   Jv.- es el índice volumétrico de juntas o número de juntas por metro cúbico:

$$Jv = \text{N° grietas por m}^3 \text{ x K}$$

   El valor obtenido en las formulas se compara con la **Tabla 7**:

Tabla 7. Calidad de los macizos rocosos.

Índice de Calidad RQD %	Calidad
0 – 25	Muy mala.
25 – 50	Mala.
50 – 75	Regular.
75 – 90	Buena.
90 - 100	Excelente.

Fuente: Deere, Geología Aplicada a la Ingeniería, 1967.

3. Espaciado entre discontinuidades: las discontinuidades condicionan de una forma definitiva las propiedades y el comportamiento resistente, deformacional e hidráulico de los macizos rocosos, para su estimación es necesario definir las características y propiedades de los planos de discontinuidad que son; Orientación, espaciado, persistencia, rugosidad, resistencia de las paredes de la discontinuidad, abertura y relleno. (Gavilanes J. Hernán & Andrade Haro, Bayron. 2004)

4. Condiciones de infiltración de agua

5. Orientación de las discontinuidades.

Una vez encontrado el RMR se procede a clasificar al macizo Roco de acuerdo a la **Tabla 8,** para determinar el tipo de sostenimiento a utilizar.

Tabla 8. Guía para la excavación y soporte en túneles y obras de ingeniería donde la condición de la roca es importante (según Bieniawski)

Clase de macizo rocoso	Excavación	Pernos (20 mm de diámetro, Inyectados.	Soporte con concreto armado	Crucetas
I. Roca muy Buena, RMR: 81- 100	A sección completa. 3 mts. de avance.	Generalmente no se requiere.		Ninguno
II. Roca Buena, RMR: 61 - 80	A sección completa 1-1.5mts de avance. Soporte completo a 20mts del frente.	Pernos en la corona de 3mts. de longitud espaciados a 2.5mts. malla ocasional	50 mm en la corona donde se requiera	Ninguno
III. Roca regular, RMR: 41 - 60	Frente superior y destroza, 1.5-3mts de avance en media sección. Inicio del soporte después de cada voladura. Soporte completo a 10mts del frente.	Pernos sistemáticos, 4mts de longitud, espaciados 1.5-2mts en la corona y hastiales con malla en la corona.	50 – 100 mm en la corona y 30 mm por los lados	Ninguno
IV. Roca Pobre, RMR: 21 - 40	Frente superior y destroza, 1 – 1.5mts de avance en la media sección superior. Instalación de soporte conjuntamente con la excavación 10mts del frente.	Pernos sistemáticos, 4- 5 mts de longitud, espaciados 1 –1.5 mts en la corona y hastiales con malla.	100 – 150 mm en la corona y 30 mm por los lados	Crucetas ligeras a medias espaciadas 1.5mts a donde se requiera.
V. Roca muy pobre RMR:< 20	Múltiples galerías 0.5-1.5mts. de avance en la sección superior. Instalación de soporte conjuntamente con la excavación. Concreto proyectado tan pronto como sea posible después de las voladuras.	Pernos sistemáticos , 5-6mts de longitud, espaciados 1 – 1.5mts en la corona y hastiales con malla. Pernos invertidos.	150- 200 mm en la corona, 150 mm en los lados y 50 mm al frente	Crucetas medianas a resistentes, espaciadas a 0.75mts con planchas de acero y tablestacas si se requiere.

Fuente: Deere, Geología Aplicada a la Ingeniería, 1967.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta tesis está basada en el seguimiento de diferentes métodos de ingeniería, tanto fundamentales de ingeniería geológica, geotécnica y civil; el objetivo es tornar un ambiente multidisciplinar para lograr un objetivo común; detallar las condiciones geológicas – geotécnicas, estimar o correlacionar la capacidad portante de los suelos, los niveles de inestabilidad y las posibles afectaciones a obras ingenieriles de carácter civil.

Para fines prácticos se estableció un cronograma de trabajo el cual incluyó el desarrollo de la base metodológica que a continuación se explicará detalladamente.

Como primera etapa se elaboró una secuencia de gabinete y trabajos de campo. La información previa tanto de GAD del Cantón Paltas y Junta Parroquial de San Antonio, MTOP de la provincia de Loja, bibliografía pertinente y exploraciones preliminares de campo marcó el inicio del trabajo. En cuanto a las descripciones de campo la información radica en descripción de afloramientos, resistencia de las rocas y descripción de discontinuidades así como elementos de yacencia y la metodología o protocolo de muestreo de rocas y suelos.

Como sustento metodológico y guía de información se basará en la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Geotecnia y Cimentaciones código - SE - GC; en este capítulo se consideran las etapas a seguir para el desarrollo del proyecto investigativo en mención; así como también se da a conocer el marco normativo en el Ecuador para estudios geotécnicos, las etapas generales del estudio, los tipos de ensayos, la secuencia y diseño geotécnico para una obra.

Se prestara énfasis en que un estudio geológico – geotécnico integral, comprende actividades de reconocimiento de campo, investigación del subsuelo, análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo.

4.1. Materiales

Los materiales que se utilizaron durante el presente proyecto investigativo se describen a continuación dividiéndose en materiales utilizados en campo y materiales de oficina.

1. **Materiales de Campo**
   - GPS
   - Cámara fotográfica
   - Carta topográfica de Catacocha escala 1:50000
   - Carta geológica de Cariamanga y Zaruma escala 1:100000
   - Estación total Trimble S6
   - Brújula azimutal Brunton
   - Equipo de SEV "ABEM" modelo Terrameter SAS 1000
   - Libreta de campo
   - Ácido Clorhídrico.
   - Fichas de Descripción de Afloramientos
   - Martillo Geológico.
   - Cinta Métrica

2. **Materiales de Oficina.**
   - Software ArcGIS 10.5
   - Software IPI2Win
   - Fotografías Aéreas del sector de estudio escala 1:25000
   - Google Earth
   - Papel
   - Flash Memory
   - Bolígrafo
   - Internet
   - Regla
   - Computador
   - Impresora

4.2. Métodos

Aunque el método científico es uno, existen diversas formas de identificar su práctica o aplicación en la investigación. La forma más común de visualizar o clasificar las investigaciones es aquella que pretende ubicarse en el tiempo (según dimensión cronológica) y distingue entre la investigación de las cosas pasadas (Histórica), de las cosas del presente (Descriptiva) y de lo que puede suceder (Experimental).

La investigación descriptiva, que se aplicará inicialmente en el presente trabajo, detallará la realidad litológica, la formación de suelos y las posibles afectaciones de estructuras que ocasionen inestabilidad. Incluirá información previa, informe de fallas del suelo ya presentes, recopilación de información de campo que permita correlacionar geo materiales - inestabilidad. La investigación experimental consiste en la manipulación de una (o más) variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular. Esta investigación permitirá introducir determinadas variables de estudio como son litología adversa, tipo de suelo, condiciones de hidrogeología, capacidad portante, inclinación y las variables de resistencia al corte.

4.3. Metodología.

4.3.1. Recopilación de información

Para el desarrollo del presente trabajo se recopiló toda la información bibliográfica como es el Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Paltas y Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia San Antonio del año 2014 - 2019, información cartográfica de la zona de estudio, carta topográfica del Instituto Geográfico Militar a escala 1:50000 de la ciudad de Catacocha, e información geológica como son las cartas geológicas del Instituto Geográfico Militar a escala 1:100.000 de Cariamanga y Zaruma además de las fotografías aéreas a escala 1:25000 que abarcan el área de estudio.

4.3.2. Levantamiento Topográfico

Debido a la inexistencia de un punto IGM en la zona de estudio se procedió a la toma de un punto base o de control, para luego ser corregido mediante la estación; los puntos de partida se muestran en la **Tabla 9.**

Tabla 9. Puntos de partida para el Levantamiento Topográfico.

ESTACIÓN	PUNTO AUXILIAR
X: 650512 Y: 9554415 Z: 1468	X: 650528 Y: 9554405 Z: 1468

Fuente: La Autora 2018

La estación S6 se colocó al margen izquierdo de la vía como se muestra en la **Fotografía 1,** dado que existe tránsito vehicular de tal modo para no entorpecer esta actividad, el área de estudio presenta gran cantidad vegetación arbustiva y relieve irregular, por lo que se realizó gran cantidad de cambios de estación para obtener los puntos de infraestructura (viviendas y casetas) y red hídrica (quebradas y vaguadas), obteniendo así el levantamiento topográfico de la vía en estudio.

Fotografía 1. Levantamiento Topográfico del Área de Estudio – Configuración de la Estación Punto Base y de Control.

Fuente: La Autora 2018

Con la información recolectada en campo se realizó un análisis de las coordenadas del archivo con extensión xls.; mismas que sirvieron de base para la generación de curvas de nivel en el software ForeSight compatible con el software AutoCAD , donde se guarda el archivo y mediante el software ArcGIS 10.2 se realiza el mapa topográfico a escala 1:8000, la categorización de las curvas se la dispuso a cada 5 metros para las curvas principales y cada metro para las secundarias en el Datum WGS 84, Zona 17 Sur.

4.3.3. Levantamiento Geológico

Los instrumentos de apoyo que se utilizó para realizar este trabajo son: Carta geológica de Zaruma y Cariamanga a escala 1:100 000, brújula, GPS, martillo geológico, ácido clorhídrico al 10%, cinta métrica; el mapeo Geológico se realizó sobre la base del mapa Topográfico, para ello se tomó en cuenta la escale de este 1:8000, así como el tipo de roca que presenta el área de Estudio.

El levantamiento geológico consistió en la descripción detallada de los principales afloramientos de origen natural o antrópico distribuidos en el área de estudio como se muestra en la **Fotografía 2**; este proceso se realizó a fin de determinar: litología, estructuras y otras características necesarias para la confección del mapa geológico.

La descripción de afloramientos fue realizada mediante las fichas destinadas a ese fin, Para el éxito de este levantamiento se efectuó la observación directa de afloramientos artificiales por el corte de la vía ya existente y afloramientos naturales; también se mapeo en las quebradas, y ríos para identificar la composición litológica del sector de estudio.

La información tomada en campo se plasmó en las fichas técnicas de descripción de los afloramientos que contienen la información de interés, como se muestra en el **Anexo 5.** Descripción de Afloramientos del Área de Estudio.

Fotografía 2. Trabajo de Campo.- Macizo Rocoso de Toba Andesítica.

Fuente: La Autora. 2018.

Una vez recopilada la información de campo se procedió a tabular las características geológicas de cada afloramiento en el software ArcGIS 10.5. Sobre el mapa topográfico del área se generó los shapefiles correspondientes a puntos y polígonos representando los afloramientos con datos estructurales (rumbo y buzamiento) y la formación geológica respectivamente.

4.3.4. Mapa de Pendientes.

Para realizar el mapa de pendientes se utilizó el software ArcGIS 10.5, en el cual se procedió a crear un Modelo TIN (Red de Triangulación Regular), el cual hace uso de las curvas de nivel obtenidas mediante el levantamiento topográfico, para obtener un MDT (Modelo Digital del Terreno) se transformó este a un modelo ráster, utilizando herramientas de 3D análisis, luego con la herramienta de análisis espacial se procedió a crear el modelo de pendientes (Slope).

Para obtener una clasificación basada en una metodología se utilizó la clasificación propuesta por la unión geográfica internacional (Demek en Seco 2004) que se muestra en la **Tabla 10.**

Tabla 10. Clasificación de Pendientes.

Descripción	Rango
0-5	Pendiente Ligeramente Inclinad
5-15	Pendiente Fuertemente Inclinada
15-35	Pendiente Muy Inclinada
35-55	Pendiente Empinada
>55	Pendiente Vertical

Fuente: Demek, Manual of Detailed Geomorphological Mapping, 1972

4.3.5. Mapa Geomorfológico

Se tomó en consideración la topografía, geología, pendientes presentes en el área de estudio y se realizó fotointerpretación para que de esta manera con la ayuda del Infoplan (2010), obtener el mapa Geomorfológico del Área de estudio.

Para obtener este mapa se hizo uso del software ArcGIS 10.5, tomando los datos del Infoplan (2010), para lo cual se realizó lo siguiente:

- ✓ Se insertó los límites del Área de Estudio y se agregó el polígono de geomorfología al software ArcGIS 10.5.
- ✓ Luego mediante la Caja de Herramientas ArcToolboox- Analysis Tools-Clip, se obtuvo la geomorfología del Área de estudio
- ✓ Así mismo utilizando la Caja de Herramientas ArcToolboox y el comando Disolver; se disolvió la geomorfología del área de estudio
- ✓ Así como se insertó terrazas (baja, 1, 2), coluviones y coluvio-aluvial, de la geología obtenida.
- ✓ Una vez realizado esto se obtuvo las áreas y perímetros de las respectivas Unidades Geomorfológicas.

- ✓ Posterior a ello se generan polígonos de la zona considerando el desnivel relativo, la geología y el uso de suelo.
- ✓ Se obtiene el mapa Geomorfológico detallado en el **Anexo 4**.

5.3.6. Exploración Geotécnica

5.3.6.1. Método Indirecto: Sondeo Eléctrico Vertical (SEV).

La exploración geofísica se inició con la observación directa del área de estudio para delimitar la ubicación de los SEV (sondeo eléctrico vertical). Se realizó 3 líneas de SEV mediante el arreglo Schlumberger cuyas coordenadas constan en la **Tabla 11**; cuya finalidad es conocer e interpretar la estructura del subsuelo de acuerdo a su resistividad para luego corroborar con los demás ensayos directos e indirectos.

Tabla 11. Ubicación de las Líneas SEV.

SEV.	EJE CENTRAL (0)			AB/2	Azimutal
	X	Y	Z		
Línea 1	649412	9556897	1190	70m	87°
Línea 2	649191	9558181	1059	70m	264°
Línea 3	648332	9559390	1103	70m	86°

Fuente: La Autora 2018.

Para obtener los datos geofísicos se contó con los servicios de la compañía ESTSUELCON CIA. LTDA. y se utilizó un equipo digital de resistividades “ABEM” modelo Terrameter SAS 1000, el cual utiliza un voltaje máximo de salida a los electrodos de corriente igual a 100 voltios y una amplitud de corriente que es fijada automáticamente que se muestra en la **Figura 3.**

Fotografía 3. Equipo "ABEM" modelo Terrameter SAS 1000, para realizar los Sondeos Eléctricos Verticales SEV perteneciente al laboratorio CIA. LTDA ESTSUELCON.
Fuente: La Autora. 2018.

Se desarrolló mediante la configuración Schlumberger en el cual la distancia entre los electrodos de AM y NB es igual; los datos obtenidos (resistividades) son anotados, así mismo se realiza las curvas de resistividades aparentes en un papel logarítmico en el que se lleva en la ordenada las resistividades aparentes y en abscisas la distancia que hay entre los electrodos de corriente y el punto 0 de sondeo (OA=0B=AB/2).

La tabla que se utilizó para la clasificación de las resistividades es la **Tabla 30. Litología asumida de acuerdo a la variación de resistividades,** la cual se muestra en el Capítulo de Resultados adaptada de tablas ya establecidas como son **Clasificación Geofísica** utilizada en el Estudio Geofísico de resistividad electromagnética para definir las características geohidrológicas del Acuífero APAN en un predio delimitado y **Clasificación de unidades Geoeléctricas** utilizada en el Estudio Geológico - Geofísico de la ladera Sur del corte del Mirador Hidalgo en ciudad Juarez Chiguagua en donde constan valores de resistividades de estos estudios.

5.3.6.2. Método Directo: (Calicatas)

Estas nos permiten la observación directa de las paredes del terreno por lo cual se realizó un total de 3 calicatas para determinar las propiedades in situ como color, textura, consistencia, humedad; y ex situ como contenido de humedad, límite líquido, limité

plástico y granulometría. Los datos tomados en campo fueron especificados en una ficha de descripción de calicatas para su posterior análisis e interpretación.

La apertura de las calicatas se las realizo manualmente; sus dimensiones constan en la **Tabla 12**, debido al terreno sus profundidades no pasaron de 1m, sus muestras fueron recogidas tomando en cuenta todos los parámetros indicados por la compañía ESTSUELCON CIA. LTDA para su posterior análisis, así como las muestras fueron entregadas en el laboratorio de la misma como se muestra en la **Fotografía 4.**

Fotografía 4. Muestras de suelo (N° 3); Peso 20Kg. Para clasificación SUCS y ASSTHO. Entregadas al laboratorio CIA. LTDA ESTSUELCON.

Fuente: La Autora. 2018.

Tabla 12. Ubicación de Calicatas.

Calicatas.		
M4	**UBICACIÓN**	**DIMENSIONES CALICATA**
	X= 649374	L= 1m
	Y= 9556835	A= 1m
	Z= 1197	P= 1 m
M5	**UBICACIÓN**	**DIMENSIONES CALICATA**
	X= 649265	L= 1m
	Y= 9557698	A= 1m
	Z= 1149	P= 0,60m
M6	**UBICACIÓN**	**DIMENSIONES CALICATA**
	X= 648332	L= 1m
	Y= 9559390	A= 1m
	Z= 1103	P= 0,40m

Fuente: La Autora 2018.

5.3.6.3. Análisis de estabilidad: Estimación de Factor de Seguridad

Para el cálculo del Factor de Seguridad se procedió al recorrido del Área de estudio, para determinar los puntos de ubicación donde existe la presencia de Afloramientos constituidos por suelos, una vez identificados los afloramientos se procedió a la toma de medidas estructurales que presentaron los taludes.

Una vez recogidos los datos en campo se procede al cálculo del Factor de Seguridad, tomando en consideración tipo de suelo, ángulo de fricción interna, ángulo de trabajo, cohesión y altura, además se utilizó la fórmula para cálculo del Factor de Seguridad por el método de Talud infinito como se muestra en el la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Fs\ (seco)} = \frac{c}{\gamma * H * \cos^2\beta * \tan\beta} + \frac{\tan\theta}{\tan\beta}$$

Ya que los afloramientos en los cuales se tomó los datos para obtener el factor de seguridad fueron suelos granulares no Cohesivos la ecuación que se utilizó fue la siguiente:

$$\mathbf{Fs\ (seco)} = \frac{\tan\theta}{\tan\beta}$$

Posteriormente el resultado obtenido se compara con la **Tabla 13.** Valores referenciales de cohesiones y ángulo de fricción interna en suelos, para determinar si se encuentra estable o a su vez se encuentra en condiciones desfavorables donde se debería aplicar medidas de protección.

Tabla 13. Valores referenciales de cohesiones y ángulo de fricción interna en suelos.

Tipos de Suelos		Ángulo de fricción interna en grados	Cohesión C en K/cm2
Suelos Granulares no Cohesivos.	Arena Suelta	30	
	Arena de compacidad media	32.5	
	Arena Densa	35	
	Grava	35	
	Grava Arenosa Heterogénea	35	
	Bloques de Roca escolleras (sin presencia de arena)	36	
Suelos Cohesivos	Arcilla Semi Dura	15	0,25
	Arcilla Firme	16	0,10
	Arcillas Blandas	17	0,10 [1]
	Arcillas Arenosas Firme	22,5	0,05
	Arcilla Arenosa Blanda	23,5	0,04 [1]
	Limo Firme	24,5	0,02
	Limo Blando	25,5	0,05 [1]
	Arcilla Orgánica	10	0,15 [1]
	Turba	15	-

Fuente: Harmsen 2002. [1] Geotechdata.info, Cohesión del Suelo 2013

5.3.6.4. Mecánica de Rocas

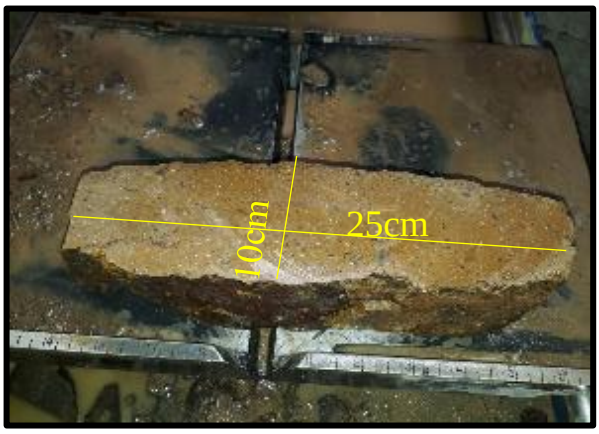
1. **Ensayo de Compresión Simple**

Se tomó en campo las muestras necesarias para su respectivo análisis, los puntos donde se recogió la muestra se observa en la **Tabla 14,** estos puntos fueron elegidos de acuerdo a la litología del área de estudio, para luego ser trasladadas a la compañía ESTSUELCON CIA. LTDA., la cual nos brindó sus servicios en la obtención de resultados mediante el análisis de las mismas como se muestra en la **Fotografía 5,** de tal manera que se puedan correlacionaras con los demás ensayo realizados en este estudio.

Tabla 14. Ubicación de toma de Muestras de Roca.

Muestra	Coordenadas			Dimensiones de la Muestra (cm)
	X	Y	Z	
4	649374	9556835	1197	25 x 25
5	649265	9557698	1149	25 x 25
6	648332	9559390	1103	25 x 25

Fuente: La Autora.



Fotografía 5. Muestra de Roca (Toba Dacítica) Perfilando la roca para obtener el cubo de 5cm x 5cm. En el laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA.

Fuente: La Autora. 2018.

Luego de realizar los ensayos de compresión simple en el laboratorio se obtienen los resultados los cuales serán corroborados en el **Capítulo de Resultados**, mediante la aplicación de las siguientes formulas:

(A): l*a	**(V): A*h**	**(σ): F/A**
Donde:	**Donde:**	**Donde:**
A: Área.	**V:** volumen	**σ:** Esfuerzo
l: largo	**A:** Área.	**A:** Área.
a: ancho	**h:** altura	**F:** Fuerza

2. Índice de Calidad de las Rocas.

Para el cálculo de la calidad de la roca se tomó las respectivas coordenadas de ubicación de los macizos rocosos como se muestra en la **Tabla 15**, para luego proceder al calculó en función del número de fisuras por metro cuadrado (Jv = Joint Volumétric Number), para esto se realizó ventanas de 1m x 1m infiriendo que las fisura encontradas continúan 1m dentro del talud. Se utilizó la siguiente ecuación para realizar el respectivo cálculo:

$$\textbf{RQD (\%)} = 115-(3.3)Jv$$

Se contabilizo las fisuras observadas en los taludes, en una fotografía se plasmó la representación de estas, tomando en cuenta si son verticales u horizontales para utilizar la constante adecuada para su cálculo, el resultado obtenido se comparó con la **Tabla 7. Calidad de los macizos rocosos.**

Tabla 15. Puntos Ubicación de Macizos Rocosos para cálculo del RQD.

Tipo de Roca	Coordenadas		
	X	Y	Z
Toba Andesítica	649192	9557736	1312
Toba Andesítica	648954	9557959	1302
Toba Dacítica	649180	9557567	1094
Toba Riolítica	648709	9558797	1296
Toba Riolítica	648300	9559410	1106
Toba Riolítica	648299	9559403	1063

Fuente: La Autora 2018.

3. Clasificación de Bieniawski o del RMR (1973, 1976, 1989)

Para la clasificación del macizo rocoso se ha utilizado parámetros o estándares que nos permiten establecer una característica cuantitativa acerca de las particularidades del mismo. La clasificación de Bieniawski o RMR (Rock Mass Rating) indica la calidad del macizo rocoso), a partir de los siguientes parámetros:

1. Resistencia a la compresión simple de la roca intacta
2. Índice RQD
3. Espaciamiento de las discontinuidades
4. Condición de las discontinuidades
   - Longitud
   - Abertura
   - Rugosidad
   - Relleno
   - Alteración
5. Condición de infiltración de agua.
6. Ajuste referido a la orientación de las discontinuidades.

Para obtener todos los parámetros antes mencionados se realizó la toma de datos en la vía de estudio además de ensayos de laboratorio.

Para obtener el primer parámetro como es la Resistencia a la compresión simple de la roca intacta se recogió tres muestras de roca que fueron llevadas al laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA, donde se realizaron cubos de un aproximado de 5cm de largo ,5cm ancho y un espesor de 5cm para aplicar una fuerza, obteniendo así los valores de resistencia a la compresión simple que se observan en el **Anexo 7** Para ser utilizados en la clasificación del RMR, para el cálculo de la clasificación de Bieniawski o del RMR se tomó la muestra 06 enviada al laboratorio, que corresponde a Toba Riolítica; para realizar este parámetro se hace uso de la **Tabla 16.**

Tabla 16. Tabla de ajuste para la Resistencia de la Roca Intacta.

Parámetro			Rango de Valores						
1	Resistencia de la Roca Intacta	Ensayo Carga Puntual	>10 Mpa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa			
		Compresión Simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	Valor		15	12	7	4	2	1	0

Fuente: Gavilanes H & Andrade B, Introducción a la Ingeniería de Túneles, 2004.

En lo concerniente al RQD se realizó de acuerdo a los macizos rocosos observados en el tramo 2 de la Vía Sauce – San Antonio (4,5km -9km), su cálculo está representado en el Capítulo de Resultados ítem **6.5.3.2.Índice de Calidad de las Rocas (RQD),** una vez obtenido el resultado del RQD se lo adapta a la **Tabla 17.**, para obtener el resultado.

Tabla 17. Tabla de ajuste para el Índice de Calidad de la Roca RQD.

Parámetro		Rango de Valores				
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%
	Valor	20	17	13	8	3

Fuente: Gavilanes H & Andrade B, Introducción a la Ingeniería de Túneles, 2004.

En campo también se realizó la medida o el espacio existente entre bloques que es la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes, tomando en cuenta el bloque más representativo del macizo rocoso.

Lo que determina el tamaño de los bloques de roca intacta para su cálculo se utiliza la **Tabla 18,** que indica el resultado para el cálculo del RMR.

Tabla 18. Tabla de ajuste para el Espaciado de Discontinuidades.

Parámetro		Rango de Valores				
3	Espaciado de las Discontinuidades	>2 m	0.6-2 m	0.2-0.6 m	6-20 cm	<6 cm
	Valor	20	15	10	8	5

Fuente: Gavilanes H & Andrade B, Introducción a la Ingeniería de Túneles, 2004.

En lo relativo a las condiciones de las discontinuidades se tomó encuenta cuatro parámetros iniciando con la persistencia que es la extensión en área o tamaño de una discontinuidad por lo cual se tomó la longitud de la discontinuidad más representativa del macizo rocoso para el cálculo respectivo.

Otro parámetro es la rugosidad que es la aspereza o irregularidad de la superficie de la discontinuidad por lo que médiate la observación y el sentido del tacto se identificó este parámetro, la mediad de la apertura que es la separación entre las paredes rocosas de una discontinuidad se la realizo con la ayuda de una regla.

Finalmente el relleno que son los materiales que se encuentran dentro de la discontinuidad se lo obtuvo mediante la observación directa en el macizo, una vez realizado todos estos parámetros de utiliza la **Tabla 19,** para obtener el valor del resultado que será utilizado para el cálculo del RMR.

Tabla 19. Tabla de ajuste para el Estado de las Discontinuidades.

Parámetro			Rango de Valores				
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
		Valor	6	4	2	1	0
		Abertura	Nada	<0.1 mm	0.1-10 mm	1-5 mm	>5 mm
		Valor	6	5	3	1	0
		Rugosidad	Muy rugoso	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave
		Valor	6	5	3	1	0
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5 mm	Relleno duro >5 mm	Relleno blando <5 mm	Relleno blando >5 mm
		Valor	6	4	2	2	0
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta
		Valor	6	5	3	1	0

Fuente: Gavilanes H & Andrade B, Introducción a la Ingeniería de Túneles, 2004.

En lo referente a la condición de infiltración de agua en las juntas, se obtuvo este dato directamente en campo mediante la observación del macizo rocoso de la toba riolítica una vez que se observó esta característica cualitativa se obtiene el valor para el cálculo del RMR mediante la comparación con la **Tabla 20,** que indica el resultado final.

Tabla 20. Tabla de ajuste para el Flujo de agua en las Juntas.

Parámetro			Rango de Valores				
5	Flujo de agua en las juntas	Relación Pagua/Pprinc	0	0,1-0,2	50-75%	0,2 -0,5	>0,5
		Condiciones Generales	Completamente Secas	Ligeramente Húmedas	Húmedas	Goteando	Agua Fluyendo
		Valor	15	10	7	4	0

Fuente: Gavilanes H & Andrade B, Introducción a la Ingeniería de Túneles, 2004.

Para el último parámetro que se refiere al ajuste de la Orientación de las discontinuidades se utilizó la **Tabla 21,** que se la obtuvo de la Clasificación Romana SMR para Taludes ya que el sexto parámetro Orientación de discontinuidades dado por Bieniawski no se puede utilizar puesto que está referido a túneles; de esta manera se determina el valor de

ajuste para este parámetro teniendo encuenta el tipo de rotura, buzamiento de los taludes y discontinuidades así como a dirección de las juntas.

Tabla 21. Factor de Ajuste referido a la Orientación de las Discontinuidades.

Caso		Muy Favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy Desfavorable
P T	|∞j-∞s| |∞j-∞s-180|	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°
P/T	F1	0,15	0,40	0,70	0,85	1
P	|Bj|	<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°
	F2	0.15	0,40	0,70	0,85	1
T	F2	1	1	1	1	1
P T	Bj - Bs Bj + Bs	>10° <110°	10°- 0 110°-120°	0° >120°	0-(-10°)	<-10°
P/T	F3	0	-5	-25	-50	-60
P: Rotura Plan; **T:** Rotura Por Vuelco; **∞s**: Dirección de buzamiento del talud; **∞j:** dirección del buzamiento de las juntas; **Bs**: Buzamiento del Talud; **Bj**: Buzamiento de las Juntas						

Fuente: Romana. M, 1985

Para obtener el Índice RMR de Bieniawski se realizó lo siguiente:

1. Se sumó las 5 variables o parámetros calculados, eso da como resultado un valor índice.
2. El parámetro 6 que se refiere al valor de ajuste de la orientación de las discontinuidades se lo encuentra multiplicando el F1 referido al Rumbo de las discontinuidades y talud; F2 Buzamiento de las Discontinuidades y F3 Buzamiento del Talud, Obteniendo así el valor de ajuste.
3. Cuando se obtiene el ajuste valor índice de la orientación de las discontinuidades, se les sustrae a la suma del valor índice obtenido de los 5 primeros parámetros, al realizar dicha operación se obtiene el **ÍNDICE RMR** y se busca ese valor en la **Tabla 22. Determinación de la clase del macizo rocoso**

Tabla 22. Determinación de la clase del macizo rocoso

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

Fuente: Gavilanes H & Andrade B, Introducción a la Ingeniería de Túneles, 2004.

4. Una vez obtenido el índice del RMR se conoce su clase y descripción de macizo rocoso, lo cual permite conocer el significado de la clase como se muestra la **Tabla 23.**

Tabla 23. Significado de las clases de macizos rocosos.

Clase Número	**I**	**II**	**II**	**IV**	**V**
Tiempo de Mantenimiento	20 años para 15m	1 año para 10m	1 semana para 5m	10 horas para 2,5m	30 min para 1m
Cohesión (KPa)	>400	300-400	200-300	100 - 200	<100
Ángulo de Fricción (Grados)	>45° Kpa	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	<15°

Fuente: Gavilanes H & Andrade B, Introducción a la Ingeniería de Túneles, 2004.

6. RESULTADOS.

6.1 Acceso

6.1.1. Acceso por la Sierra.

El acceso al área de estudio desde la ciudad de Quito se lo se puede realizar por dos rutas diferentes. La primera es por la Troncal de la Sierra, que partiendo desde Quito atraviesa las capitales de las provincias de Latacunga, Ambato, Riobamba, Azogues, Cuenca hasta llegar a Loja, en esta ciudad se aborda el bus con destino a Catacocha, el mismo que va por vía a la Costa/E35, continuando la Troncal de la Sierra, pasando Velacruz se recorren 18.6Km por vía Panamericana hasta llegara Catacocha como se observa en la **Figura 4.**

Desde Catacocha se continua por la vía E35 hasta llegar a la entrada del sauce donde se recorre 4.5Km llegando al lugar de estudio, cabe recalcar que aquí se puede llegar ya sea en carro particular o en los turnos de 6:00am y 13:30pm.

6.1.2. Acceso por la Costa

En la ruta de la costa, el recorrido es de 744km., en un tiempo estimado de 13 horas, la salida es desde la terminal de Quitumbe, se toma la Troncal de la Sierra, avanzamos por la misma 190 km, y de ahí se sigue la troncal de la Costa hasta llegar a Machala, posterior tomamos la E25, pasamos Santa Rosa, luego circulamos por la autopista E50 hasta llegar a Velacruz continuando por la E35 hasta llegar a Catacocha, como se observa en la **Figura 4.**

Desde Catacocha se continua por la vía E35 hasta llegar a la entrada del sauce donde se recorre 4.5Km llegando al lugar de estudio, cabe recalcar que aquí se puede llegar ya sea en carro particular o en los turnos de 6:00am y 13:30pm.

6.1.3. Acceso por la Vía Aérea

Este acceso se realiza desde la ciudad de Quito hasta llegar Catamayo, partiendo desde el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre, hasta el aeropuerto Cuidad de Catamayo por el lapso de una hora. En Catamayo por vía terrestre se toma la Troncal de la Sierra (E35), llegando a Velacruz se recorren 18.6 Km hasta llegar a Catacocha como se observa en la **Figura 4,** donde se continúa por esta vía hasta llegar al sauce encontrando la vía en estudio.

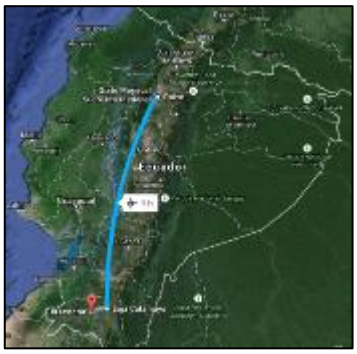
		
Ruta de Acceso por la Sierra	**Ruta de Acceso por la Costa**	**Ruta de Acceso por Vía Aérea**

Figura 4. Ruta de Acceso al Sector de Estudio.

Fuente: Google Maps.

6.2 Ubicación Administrativa

El sector de estudio se encuentra ubicado dentro de la Parroquia San Antonio y Parroquia Catacocha, en el cantón Paltas, provincia de Loja; cuenta con una longitud de 4.5Km de vía en estado lastrada, por esta atraviesa una quebrada llamada Playas (San Antonio); esta vía conecta a la parroquia de San Antonio y el Barrio Sauces además por esta vía transitan las poblaciones aledañas de Santo Domingo de Guzmán, Sacapianga e incluso se puede llegar hasta la Y de Olmedo como se observa en la **Figura 5.**

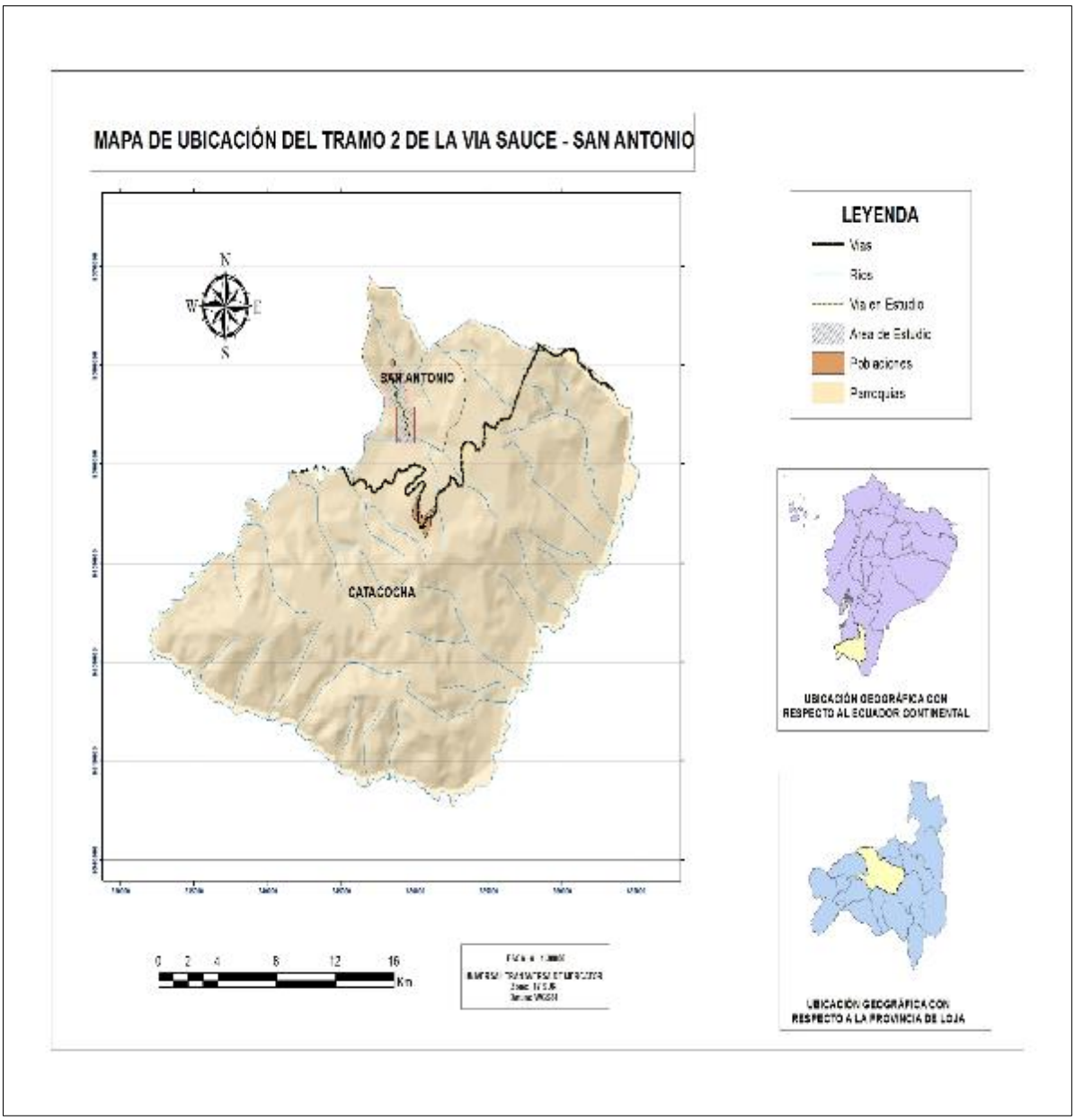


Figura 5. Mapa de Ubicación del Tramo 2 de la Vía Sauce - San Antonio

Fuente: La Autora 2018.

6.3 Localización Geográfica.

La vía en estudio se encuentra localizada en las coordenadas que se muestran en la **Tabla 24,** con (DATUM WGS84) por lo que a continuación se describe el punto inicial y final de esta:

Tabla 24. Puntos de localización geográfica de la vía.

PUNTOS	COORDENADAS WGS84	
	X	Y
1	649628	9556469
2	648322	9559386

Fuente: La Autora 2018.

Así mismo se describen las coordenadas que abarcan el polígono que enmarca el área de estudio como se muestra en la **Tabla 25.**

Tabla 25. Coordenadas del Área de Estudio.

PUNTOS	COORDENADAS WGS84	
	X	Y
1	649262	9559574
2	649269	9558782
3	649538	9558778
4	649543	9557880
5	649930	9557878
6	649950	9556075
7	648730	9556086
8	648701	9557871
9	648189	9557889
10	648160	9558764
11	647981	9558769
12	647976	9559570
13	648534	9559576
14	649927	9556973
15	648724	9556950
16	649329	9556075

Fuente: La Autora 2018.

6.4 Descripción Biofísica

6.4.1. Topografía.

El sector de estudio que comprende el tramo dos (2) de la vía Sauce – San Antonio (4,5Km – 9Km) cuenta con una topografía irregular que presenta relieves colinados montañosos hasta coluviones, el punto de partida para realizar este levantamiento es X: 650512; Y: 9554415; Z: 1468, el mismo comprende cotas de elevación que van desde los 1008 m. s.n.m que corresponde a la parte más baja (Noroeste), aumentando progresivamente a los 1296 m. s.n.m donde se encuentra la parte más alta (Sureste). El levantamiento topográfico correspondiente cuenta con un área de 448,07 Ha, como se muestra en el **Anexo 1.- Mapa Topográfico del Área de estudio**

En lo referente a los componentes de la cartografía topográfica se levantó la infraestructura (casas) que se encuentran dispersas una de la otra, sus construcciones en lo general son de adobe y construcciones mixtas de cemento o bloque con techo de zinc además de esto se levantó la red hídrica presente en esta área.

6.4.2. Geología Regional.

De acuerdo a la carta Geológica Regional de Cariamanga realizada por J. B. Kennerley M. Sc. Institute of Geological Sciences, London e Ing. L. Almedia y el Mapa Geológico del Cantón Paltas escala 1:100000 y Editada por INIGEMM 2012, ubicada en la Sierra Austral, las formaciones superficiales y de basamento muestran diferencias muy marcadas con los paisajes andinos del norte, se encuentran sobre diversas capas tectónicas y representadas por las siguientes formaciones predominantes.

Unidad Punta de Piedra (Cretácico Inferior): Se extiende por toda la parte suroccidental de la hoja geológica de Cariamanga. Las rocas tipo concurren en un sector del río Catamayo y al noreste de Sozoranga. La secuencia comprende principalmente basaltos de afinidad toleítica y gabros en menor proporción.

Los basaltos ocurren como mantos masivos fracturados de color negro verdoso, textura afanítica y muchas veces e encuentra silicificados, contienen principalmente plagioclasas, piroxenos y olivino. Los gabros se encuentran junto con los mantos láviticos y constituyen cuerpos intrusivos pequeños de color negro y textura fanerítica, con abundantes fenocristales subhedrales de plagioclasas. Esta unidad se encuentra sobreyacida transicionalmente por la Unidad Celica e intruida por el Batolito de Tangula. En base a correlaciones estratigráficas con rocas de la CAP, esta unidad correspondería al Cretácico Temprano (Eguez y Poma, 2001).

Formación Celica (Cretácico Inferior): Se extiende por toda la cordillera de Celica, hasta la parte de la hoja Geológica y al sur de la cuenca del Río Playas, encontrándose principalmente en la vía La Zanja – Celica, en la vía Celica – Zazanamá y en la parte central de la hoja en el sector quebrada Ashimingo al sur del puente río Playas. Es redefinida como una secuencia volcanoclástica, intercalada con mantos de lava de composición basáltico-andesítica, las mismas que generalmente se encuentran silicificadas, cloritizadas y con tonalidades gris-oscuras, las cuales contienen fragmentos de rocas volcánicas de composición básica-intermedia de color rojizo dentro de una matriz lávica de textura afanítica con gran cantidad de vidrio volcánico y minerales de alteración como clorita y epidota.

Estos clastos presentan formas sub-angulosas a angulosas y diámetros centímetros. En menor proporción existen tobas consolidadas de composición básica, de grano fino y tonalidad verdosa. La unidad, hacia el norte se encuentra sobreyacida discordantemente por la unidad Ciano y hacia el sur sobreyace en contacto transicional a la Unidad Punta de Piedra. Jaillard (1998), en base a datos bioestratigráficos y edad de la serie sedimentaria oriental de la cuenca Lancones-Celica, en la sección de Río Playas, hace una correlación estratigráfica con la cual sugiere que esta unidad es del Albiano. Estas rocas representan la parte más próxima del arco volcánico submarino Punta de Piedra.

Unidad Quebrada Los Sábalos (Cretácico): Definida en este trabajo, ocurre en la zona central oeste de la hoja, como una faja de dirección E-O, constituyendo la

prolongación oriental de la secuencia relacionada con el Bosque Petrificado de Puyango.

Está constituida por conglomerados, areniscas cuarzosas de grano medio, grauvacas intercaladas con areniscas de grano fino y limolitas. Los conglomerados son de color gris, ocurren en capas gruesas, contienen clastos de cuarzo, limolitas y lutitas, de tamaños centimétricos, soportados en matriz areno-limosa. Las areniscas cuarzosas de color marrón blanquecino, estratificadas, están constituidas mayormente de granos de cuarzo detrítico y minerales oxidados de tamaño fino. Las limolitas de color habano están constituidas de granos de cuarzo detrítico, micas y óxidos. Un nivel con troncos de árboles fosilizados expuestos en UTM: 611962E, 9572781N (confluencia de quebradas Chinchanga y Tunima), confirman la relación con las facies típicas de la zona de Puyango (Quebrada los Sábalos).

La secuencia en el N sobreyace discordantemente a la Unidad El Tigre, mientras en el S, el contacto con esta misma unidad es tectónico. Análisis de restos fósiles realizados por Shoemaker (en Jaillard et al., 1999) determino la presencia de Araucariaceae del Cretácico temprano. Los troncos fosilizados soportan la relación con la Formación Bosque de Piedra de Jaillard et al. (1999), consecuentemente una edad del Cretácico inferior se asume para la secuencia.

Unidad Bramaderos (Cretácico): Fue definida en base a las facies litológicas a su posición estratigráfica y a la importancia en la magnitud de los afloramientos encontrados en el sector Bramaderos, de donde toma su nombre, se extiende hacia el puente Rio Playas. La secuencia está constituida por rocas volcanoclásticas de grano fino, estratificadas, que incluyen microaglomerados y aglomerados polimícticos bien consolidados, tobas de color café, grauvacas y esporádicamente con intercalación de lavas de composición basáltico-andesítica de textura porfirítica.

Esta Unidad sobreyace en contacto transicional a la Unidad Celica y esta sobreyacida discordantemente por la Unidad Ciano. En la cuenca del Rio Playas la Unidad Bramaderos constituye la base de las Unidades Sedimentarias Naranjo y Casanga, las

cuales sobreyacen discordantemente. Debido a que la Unidad Bramaderos se encuentra sobreyacida por rocas sedimentarias de edad Cenomaniano-Turoniano (Jaillard et al. 1999) se le asigna una edad Albiano-Cenomaniano. Esta Unidad es interpretada como la facie distal volcanoclástica del arco Punta de Piedra.

Unidad Iguinda (Cretácico Superior): Esta unidad ha sido diferenciada de la Unidad Bramaderos en base a su litología y composición. Afloramientos tipo se observan en el sector de Iguinda y en el origen de la quebrada San Sebastián sitio donde fue definida. En el sector del cerro La Cruz, aparecen intercalaciones concordantes de sedimentos limosos grises calcáreos entre la secuencia de tobas aglomeríticas de la Unidad Bramaderos. La unidad está representada por rocas sedimentarias calcáreas fino-granulares como lutitas, limolitas y areniscas finas de color gris oscuro a negro bien estratificadas, comúnmente meteorizadas y alteradas mostrando un color crema y amarillo rojizo.

Hacia el este las capas de estos sedimentos se vuelven más frecuentes y potentes, llegando a formar una secuencia de varias decenas de metros cerca de la población de Iguinda. En algunas muestras se encontraron microfósiles de foraminíferos bentónicos y vetillas de calcita rellenando las fracturas. La edad de la Unidad Iguinda, por correlaciones estratigráficas con la Unidad Bramaderos podría atribuirse al Cenomaniano-Turoniano, lo cual es corroborado mediante el análisis bioestratigráfico de una muestra de esta unidad. Es interpretada de paleoambiente marino somero que formaban paleocuencas aisladas

Unidad La Ramada (Cretácico Superior): Esta unidad se encuentra en la parte centro norte de la hoja, al sur de El Naranjo, formando las colinas bajas que bordean la parte sur de las unidades sedimentarias cretácicas que rellenan la cuenca del Rio Playas. Las rocas tipo de esta unidad se encuentran en la vía El Naranjo-La Ramada, en la vía Zapotepamba - Motiurco y en el sector del Puente de Playas se encuentra en contacto con la Unidad Rio Playas. La litología corresponde a una secuencia de tobas aglomeráticas grises, intercaladas con wackes parduzcos y areniscas de color gris claro y café. La secuencia se encuentra atravesada por una gran cantidad de vetillas de calcita

y cuarzo dando un aspecto blanquecino en superficie, la ocurrencia de estos minerales se debe a que están afectadas por diques andesíticos oxidados que cortan a la unidad y que enmascaran el contacto con la Unidad Bramaderos. Estas rocas se encuentran sobreyaciendo en concordancia a la secuencia volcanoclástica de la Unidad Bramaderos y subyaciendo en discordancia a la Unidad Naranjo. Debido a la naturaleza de las rocas y a su posición estratigráfica entre las Unidades Bramaderos y Naranjo, se le asigna una edad del Turoniano-Coniaciano

Formación Ciano – Zapotillo (Cretácico Superior): Se encuentra expuesta en la parte noroccidental de la hoja geológica de Cariamanga, en el cerro Guachanama, extendiéndose hacia el N y O. Afloramientos de esta Unidad son observados en la vía Guachanama-Lauro Guerrero y en el corte de la vía Celica-Alamor, sector de Mercadillo. La secuencia comprende facies finogranulares bien estratificadas en capas intercaladas de espesores decimétricos de areniscas, limolitas y lutitas de color negro y en ocasiones gris verdoso, se encuentran afectadas por alteración argílica intermedia y en ocasiones presentan mineralización de pirita diseminada, producto del emplazamiento de diques. Esta Unidad se encuentra en contacto fallado E- O con la unidad Celica en la parte noroeste, de la hoja, hacia el este en el sector Guachanama, el contacto es discordante. El Instituto Francés del Petróleo (Sigal, 1968), encontró una microfauna de edad Cretácico Superior. En este Trabajo de acuerdo a su posición estratigráfica y a los estudios se le atribuye una edad correspondiente al Coniaciano-Santoniano.

Unidad Naranjo (Cretácico Superior): Esta unidad se extiende en una pequeña zona de la hoja geológica y los afloramientos más claros se observan en el talud de la vía. El Limón-Sabanilla-El Naranjo y en el Puente de Rio Playas vía a Yamana donde existe un pequeño afloramiento de conglomerados con macrofósiles, los cuales fueron datados por Jaillard et al. (1996). La secuencia comprende principalmente una intercalación de conglomerados finos de color gris con presencia de fósiles, areniscas doradas calcáreas, limolitas de color café verdoso y lutitas de color café y crema bien estratificadas. Se encuentra sobreyaciendo discordantemente a la Unidad Bramaderos y subyaciendo concordantemente a la Unidad Casanga. En base a sucesiones

estratigráficas de la cuenca Lancones (Jaillard et al 1999) la Unidad Naranjo correspondería al Campaniano Medio**.**

Unidad Casanga (Cretácico Superior): Esta Unidad se extiende en la parte occidental del Rio Playas. Las rocas de esta unidad se encuentran en la entrada a Guaypira, al Noroeste del sector El Naranjo. La secuencia comprende principalmente capas decimétricas bien estratificadas y plegadas de conglomerados, micro-conglomerados de color café verdoso, areniscas y en menor proporción limolitas parda, en capas de diferente consolidación, comúnmente estas rocas se encuentran cizalladas y con material calcáreo rellenando las fracturas. En los conglomerados se distinguen líticos, sub-redondeados de lavas basálticas marinas y volcanoclásticos silicificados. Se estima un espesor entre 200 y 400 m (Jaillard et al 1996) la cual se encuentra en contacto fallado hacia el noroeste con la Formación Yunguilla, hacia el sur en contacto concordante con la Unidad Naranjo, en tanto que hacia el NE se encuentra sobreyacida discordantemente por la Unidad Rio Playas. Hungerbuhler (2002) la ubica entre el Campaniano Tardío y el Maestrichtiano Temprano

Formación Yunguilla (Cretácico Superior): Forma un cinturón alargado en dirección NE-SO desde el sector El limón en la hoja geológica de Cariamanga hasta la población de Yamana en la hoja geológica de Zaruma, afloramientos han sido observados en la vía de ingreso a la población de Guaypira, así como también en la esquina noreste de la hoja geológica de Cariamanga en el camino de ingreso al río Catamayo. La secuencia comprende principalmente argilitas, lutitas, limolitas y areniscas finas de color negro, las cuales se encuentran como un depósito turbidítico tipo flysh. Esta Unidad sobreyace discordantemente a las rocas volcanoclásticas de la Unidad Bramaderos y es concordante con la unidad Casanga. Mediante análisis de fauna foraminífera, Hughes y Bermúdez (1997) y Jaillard er al. (1999) la reportan de edad Campaniano- Maestrichtiano.

Unidad Sacapalca (Eoceno): Ha sido redefinida en base a su litología y posición estratigráfica, diferenciándola de la anterior Formación Sacapalca. Esta Unidad se extiende al norte de la parroquia Changaimina, donde los relieves altos se interrumpen

en una probable falla. La litología corresponde a tobas ácidas de composición dacítica-riolítica, de color crema con tonalidades verdosas estructura masiva, medianamente consolidadas, afectadas por la intrusión de un sin número de diques andesíticos de textura porfirítica y vetillas de cuarzo rellenando las fracturas, además se encuentran volcanosedimentos finos estratificados de igual composición. Esta Unidad se encuentra sobreyaciendo a las Unidades Changaimina y La Cruz en contacto fallado. Por correlaciones estratigráficas se le atribuye al Eoceno.

Unidad Loma Blanca (Oligoceno): Aflora en la hoja geológica de Cariamanga únicamente en el sector de Sacapianga. Los afloramientos más representativos se localizan en la hoja de Zaruma en el sector de Barrial Blanco y en el tramo de la carretera Barrial Blanco-Valdivia. La unidad se encuentra conformada por rocas volcanoclásticas de composición acida, principalmente por tobas riolíticos de color blanco estratificadas de textura porfirítica, en algunos casos presentan procesos de alteración que dan lugar a la formación de caolín. Las tobas se encuentran afectadas por diques pequeños de composición andesítica. De acuerdo a estudios anteriores, la Unidad Loma Blanca está asignada a un arco volcánico continental de Eoceno-Oligoceno, en muestras tomadas al noroeste de Catacocha en el sector de Barrio Blanco se han obtenido edades de 40.6 ± 5.4 – 22.5 ± 0.9 Ma. Con el método de Fission Track (Hungerbühler, 2000).

Unidad Catacocha (Oligo-Mioceno): Comprende una secuencia volcanoclástica de composición intermedia a ácida, que estuvo incluida dentro de la Formación Sacapalca. En este trabajo se la diferencia y se la define como Unidad Catacocha en base a las facies litológicas, a su posición estratigráfica, morfología y considerando que los mejores afloramientos se encuentran extensamente en los alrededores de la ciudad del mismo nombre. La unidad consiste de aglomerados, brechas y tobas masivas de color gris, purpura y marrón amarillento, de composición intermedia a ácida cortada por diques ácidos, dentro de la secuencia se encuentran intercalaciones de conglomerados mal clasificados, flujos laharíticos distales y areniscas tobáceas. La Unidad Catacocha descansa en discordancia sobre volcanosedimentos más finos que aparecen sensiblemente más deformados, formando pliegues abiertos que fueron

definidos en este trabajo como la Unidad San Vicente hacia el sur y estarían sobrepuestas en discordancia por la Unidad Rio Playas hacia el noroeste. Por correlaciones estratigráficas a esta Unidad se le atribuye al Oligoceno – Mioceno.

Formación Rio Playas (Mioceno): Estos sedimentos se encuentran rellenando la cuenca norte del Rio Playas, en un relieve de valle ubicado en la parte alta de la plataforma de Catacocha en la zona central norte de la hoja geológica. La litología consiste de areniscas de grano grueso con estratificación cruzada, conglomerados mal clasificados poco consolidados y alterados de tonalidades amarillentas y rojizas conteniendo clastos bien redondeados de lutitas negras, andesitas y cuarzoarenitas sobre los 20cm de diámetro. Estos conglomerados se encuentran generalmente alternando con areniscas gruesas semiconsolidadas y limolitas en menos cantidad. La Unidad Rio Playas descansa en discordancia sobre las formaciones Naranjo, Casanga y Catacocha. En basa a las observaciones estratigráficas de campo, en el que se evidencia que la Unidad Catacocha atribuida al Oligoceno- Mioceno se encuentra subyaciendo a esta Unidad se puede certificar que la Unidad Rio Playas correspondería al Mioceno.

Intrusivos: El batolito de Tangula es un cuerpo intrusivo que constituye una amplia región de la hoja de Cariamanga, se extiende a lo largo del centro y sur de la misma, emplazadas en las rocas basálticas de la Unidad Punta de Piedra. Litológicamente está dominado por una granodiorita hombléndica de col gris-rojizo de grano grueso. En láminas delgadas se observa textura hipidiomórfica, compuesta básicamente de feldespato de potasio, plagioclasas, cuarzo, biotita y horblenda en menor cantidad.

Es común encontrar la granodiorita de color gris claro a alterada y transformada en una arena de grano grueso. En varios sectores se la encuentra fracturada y se observan xenolitos de rocas volcánicas de la roca de caja que corresponde a los basaltos de la Unidad Punta de Piedra. Las edades para las rocas del Batolito de Tangula oscilan entre 110Ma, reportados por la Misión Británica (1982), una edad con el método Argón-Argón de 93 +1.1 Ma en biotita fue establecida por Ullrich (2004) para el PMA: GCA, sin embargo por observaciones estratigráficas su edad sigue en discusión.

El complejo peribatolítico que bordea la parte norte del batolito de Tangula, se lo define como un cuerpo intrusivo diorítico asociado posiblemente a la última fase del emplazamiento de este batolito.

Cuerpos subvolcanicos indiferenciados, definidos como antiguas chimeneas volcánicas que han conservado sus geoformas de lomas puntiagudas en ocasiones redondeadas sobresalen por toda la hoja de Cariamanga y se encuentran constituidos por lavas principalmente de composición intermedia, de textura fanerítica, compuestos por plagioclasas, cuarzo, fenocristales de piroxeno y anfíboles, los cales representarían la fase plutónica del volcanismo Paleoceno-Mioceno. Adicionalmente, se evidenciaron varios diques de pequeñas dimensiones de composición andesítica hombléndica y granítica, distribuidas en toda el área de la hoja geológica.

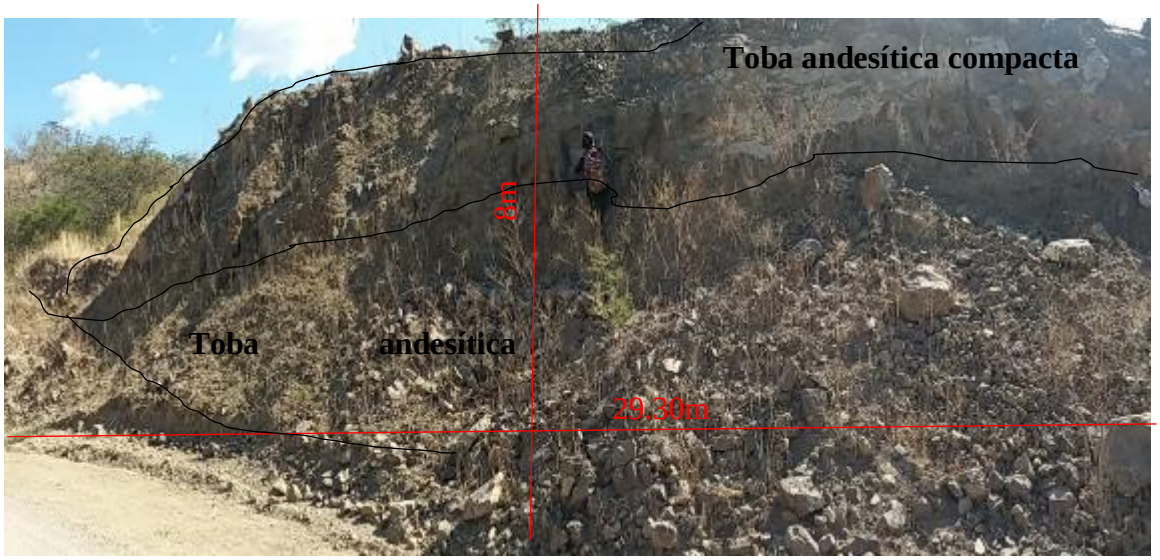
6.4.3. Geología Local.

Localmente la geología del sector de estudio comprende principalmente dos Unidades como son: Catacocha y Loma Blanca como se muestra en el **Anexo 2.- Mapa Geológico Local.**

Unidad Catacocha

A 9km aproximadamente de la entrada de Sauce encontramos este afloramiento que se encuentra dentro de esta Unidad, atribuida al Oligoceno – Mioceno que está constituida principalmente por toba andesítica compacta y disgregada como se muestra en la **Fotografía 6**, de color gris de composición intermedia a ácida cortada por diques ácidos, se observa en varios afloramientos naturales y artificiales presencia de meteorización física (fracturación), química (oxidación) y biológica (presencia de vegetación).

Afloramiento N°1

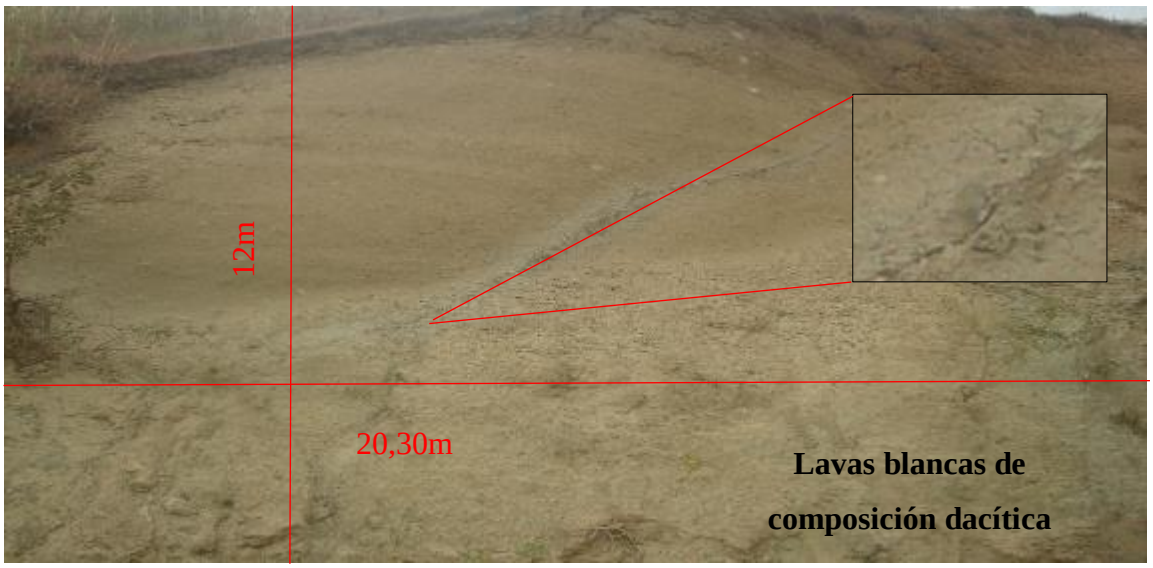


Fotografía 6. Toba Andesítica compactada en la parte superior y disgregas en la parte inferior.

Fuente: La Autora 2018.

En la misma unidad encontramos lavas blancas de composición dacítica como se observa en la **Fotografía 7,** cuya forma es regular y el contenido en cuarzo y plagioclasas es muy alto con alto también se observa micas y cuarcitas lo que les proporciona el color blanquecino que presentan.

Afloramiento N° 2



Fotografía 7. Lavas blancas de composición dacítica que presentan micas y cuarcitas.

Fuente: La Autora 2018.

Coluvio Aluvial.

Son acumulaciones constituidas por materiales de diverso tamaño pero de litología homogénea, se caracterizan por contener gravas angulosas a subangulosas distribuidas en forma caótica, sin selección ni estratificación aparente, con regular a pobre consolidación.

La **Fotografía 8,** corresponde a suelos finos con cantos coluviales de origen ígneo y metamórfico, presentan formas redondeadas debido al transporte de los mismos por acción fluvial en una pendiente determinada, debido a la geomorfología del sector encontramos estos materiales en áreas específicas, donde la pendiente está relacionada directamente con los coluvio aluviales.

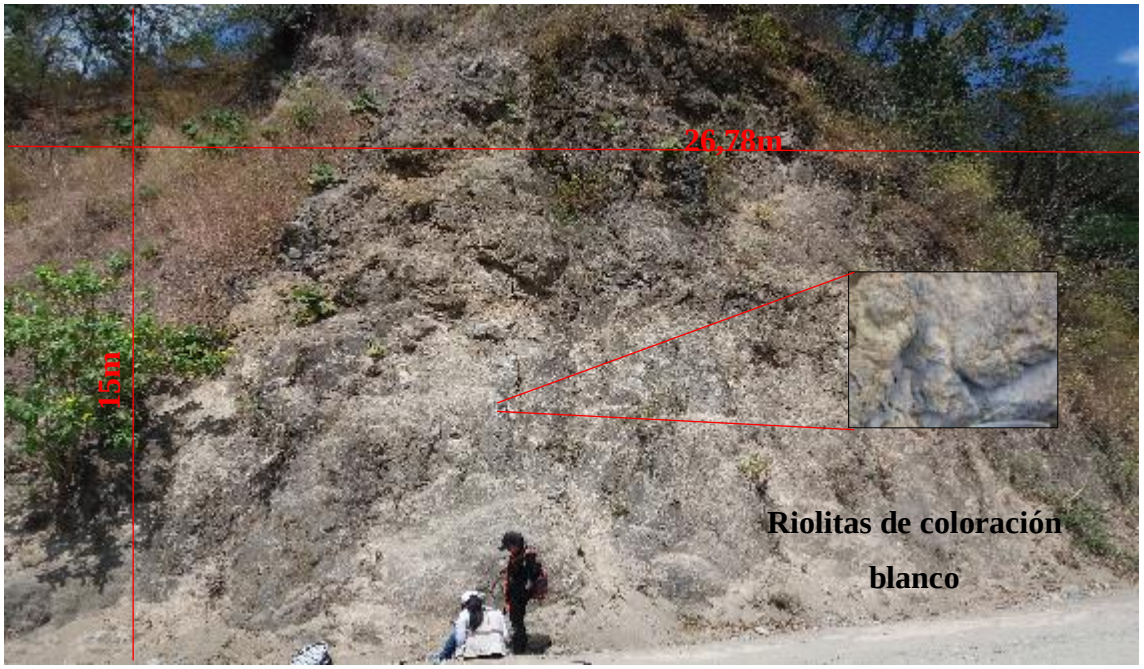
Fotografía 8. Coluvio – Aluvial presente a un margen de la vía con clastos redondeados y de forma irregular mayor a 7 cm.

Fuente: La Autora 2018.

Unidad Loma Blanca.

Dentro del Sector de estudio esta unidad presenta tobas riolíticas como se observa en la **Fotografía 9,** de coloración blanco a rosado con una alta presencia de cuarzo y feldespato potásico en forma irregular así como presencia de micas que combinado a la oxidación que presentan le dan el color a las rocas.

Afloramiento N° 3



Fotografía 9. Macizo de Toba Riolítica de coloración blanca, presenta vegetación, fracturas con apertura de 2mm.

Fuente: La Autora 2018.

6.4.4. Geología Estructural

De acuerdo a la Geología estructural que presenta la Carta Geológica Cariamanga y Zaruma a escala 1:100000, atraviesan por la parroquia Catacocha y San Antonio dos fallas pronunciadas que se describen en estas cartas como son la Falla Yamana y Bella María antiguamente denominada Ningomine, como se observa en la **Figura 6.** Área para descripción de la geología estructural – 2 Km a la redonda del Segundo tramo (Km 4,5 – Km 9)) de la Vía Sauce San Antonio**,** además para realizar la descripción estructural de la zona de estudio se procedió analizar a partir de los límites del proyecto 2 Km a la redonda recalcando que la zona de estudio se encuentra en la Formación que el sector de estudio se encuentra en la Formación Loma Blanca y parte de la Formación Río Playas.

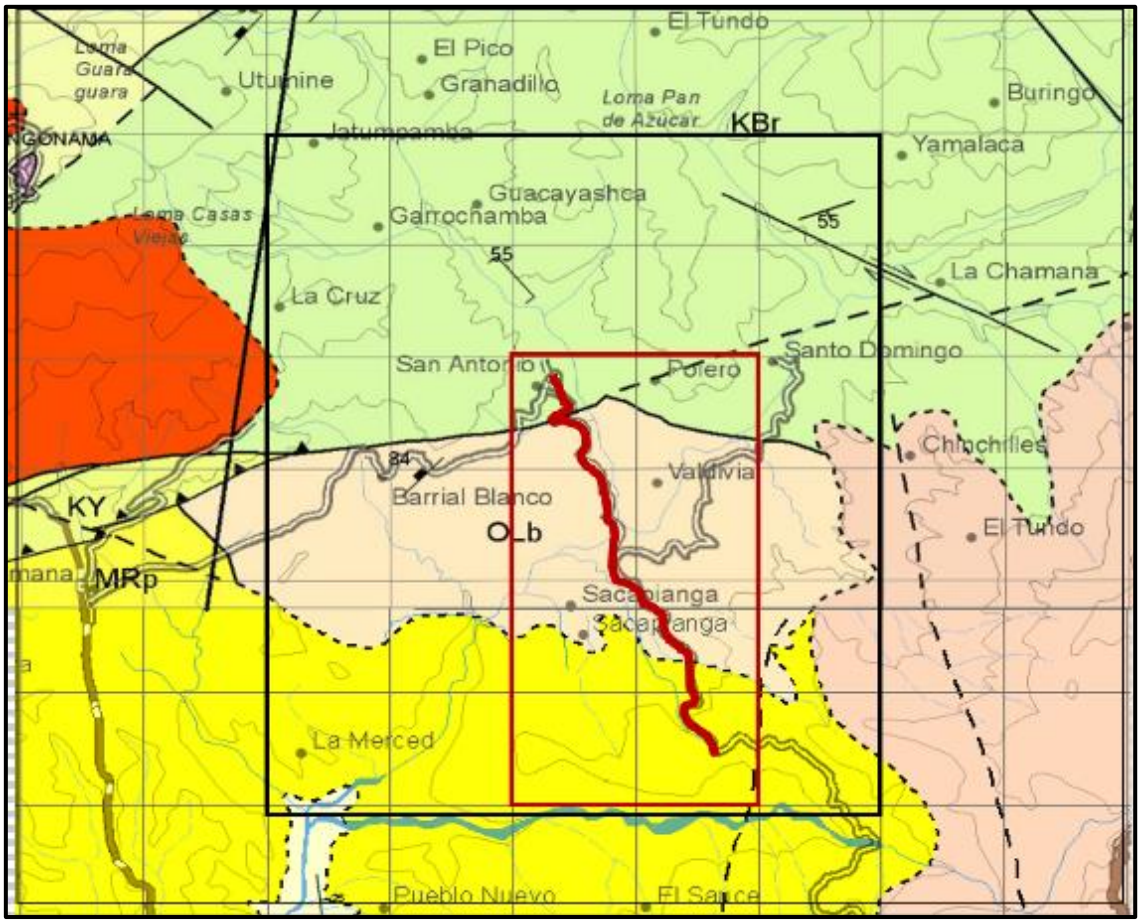


Figura 6. Área para descripción de la geología estructural – 2Km a la redonda del Segundo tramo (Km 4,5 – Km 9)) de la Vía Sauce San Antonio.

Fuente: Cartas Geológicas de Cariamanga y Zaruma, 2012. Modificada por la Autora, 2018

- ✓ **Fallas Inferidas:** De acuerdo a la Hoja Geológica de Cariamanga escala 1:100000; las fallas Regionales que atraviesan por la parroquia Catacocha se encuentran en dirección aproximada N-S, la Falla geológica Yamana está definida como una falla de tipo inverso con rumbo general NEE-SOO variando de E-O, buzando al NO y N, limitando al NO con la cuenca del Río Playas, esta falla parece constituir el límite entre las secuencias del Cretácico Inferior Y Superior. Otra Falla Inferida que atraviesa a la ciudad de Catacocha es la falla Bella María antiguamente denominada Falla Ningomine, esta falla se encuentra al este de la ciudad de Catacocha y pone en contacto las rocas del basamento oceánico, al oeste con rocas volcánicas de composición intermedia del arco continental Paleoceno–Mioceno, antes definido como formación Sacapalca.

- ✓ **Falla Dextral:** Esta falla se observa entre el barrio rural de Santo Domingo de Guzmán y la Chamana el bloque de corteza del lado opuesto de la falla se mueve a la derecha, mirando hacia la falla, esta tiene una dirección NO 22° SE

- ✓ **Contactos.-** La Zona de estudio se encuentra en la Unidad Loma Blanca donde se localizan dos contactos inferidos, al Sur con la Unidad Río Playas constituida por Conglomerados con matriz de Areniscas y al Noroeste con la Unidad Bramaderos constituida por aglomerados volcánicos con matriz tobáceas y de arenisca.

- ✓ **Estratificación Inclinada:** Esta estratificación se encuentra presente en las areniscas de grano fino y limolitas que constituyen la Unidad Bramaderos, a 1.2Km del barrio rural La Chamana se encuentra presente dicha estratificación con una dirección NE 20° SO y con un buzamiento de 55°SE.

- ✓ **Clivaje de Fractura Inclinada:** Es un tipo de clivaje definido por un conjunto de fracturas estrechamente espaciadas. este tipo de clivaje lo encontramos en la Unidad Bramaderos en el sector de Garrochamba cuyo macizo rocoso presenta un clivaje con dirección NO 40 ° SE

- ✓ **Fractura o Diaclasa inclinada:** En la Carta Geológica de Cariamanga se observa una fractura o Diaclasa en la vía que conecta a San Antonio con Barrial Blanco a los 800m de este barrio Rural se encuentra un macizo rocoso relevante que presenta diaclasamiento el mismo que tiene una dirección NE 40° SO y un buzamiento de 84° SE

En lo concerniente al área de estudio se recolecto datos de carácter estructural a lo largo del segundo tramo de la vía (Km 4.5 – Km 9), que se encuentran plasmados en la **Tabla 26**, Datos estructurales, en donde se muestra la ubicación de cada afloramiento y se describe; ubicación, litología, rumbo y buzamiento.

Tabla 26. Datos Estructurales.

N° Aflo.	X	Y	Z	Litología	Rumbo	Buzamiento
1	649398	9556725	1190	Toba dacítica	N 38° E	30°SO
2	649180	9557567	1094	Toba riolítica	N 80° E	55°NO
3	649047	9557925	1068	Toba andesítica	N 11° O	60° SE
4	648299	9559403	1063	Toba riolítica	S 75° O	5° NO

Fuente: La Autora 2018.

Al final de la vía de estudio en las coordenadas X: 648299; Y: 9559403; Z: 1063, se presenta un afloramiento representativo de Toba riolítica cuyo Rumbo es de S 75° O con un buzamiento de 5° NO, el cual presenta diaclasamiento en dos sistemas horizontal y vertical, con un espaciamiento de 20 cm en el sistema vertical con un abertura de 3mm y sin relleno no presenta agua, mientras que el sistema horizontal cuanta con un espaciamiento de 8cm y una abertura 1,7 mm no presenta agua.

6.4.5. Pendientes.

Mediante el modelo de elevación digital que se lo obtuvo a partir de las curvas de nivel se realizó el mapa de pendientes del cual se obtuvo cuatro categorías como se muestra en la **Tabla 27.-** Clasificación de Pendientes, al momento de reclasificarlo según el Autor Demek. Seco 2004

Tabla 27. Clasificación de Pendiente.

Descripción	Rango (%)	Área (Ha)	Área (%)
Pendiente Ligeramente Inclinada	0-5	43	9,59
Pendiente Fuertemente Inclinada	5-15	164,1	36,61
Pendiente Muy Inclinada	15-35	228,8	51,07
Pendiente Empinada	35-55	12,2	2,72

Fuente: La Autora 2018. Modificación de Demek 1972.

Como se muestra en la **Figura 7**, la mayor parte del área de estudio abarca terrenos con pendientes muy inclinas con un área de 228,8 Ha lo que indica un 51% del porcentaje total del área de estudio, estas pendientes se ubican tanto al norte como sur de la vía en estudio con un desnivel aproximado de 20m; mientras que en menor porcentaje se encuentran los terrenos con pendientes empinadas con un área de 12, 2 Ha que representan el 2,72% del total, como se observa en el **Anexo 3.- Mapa de Pendientes.**

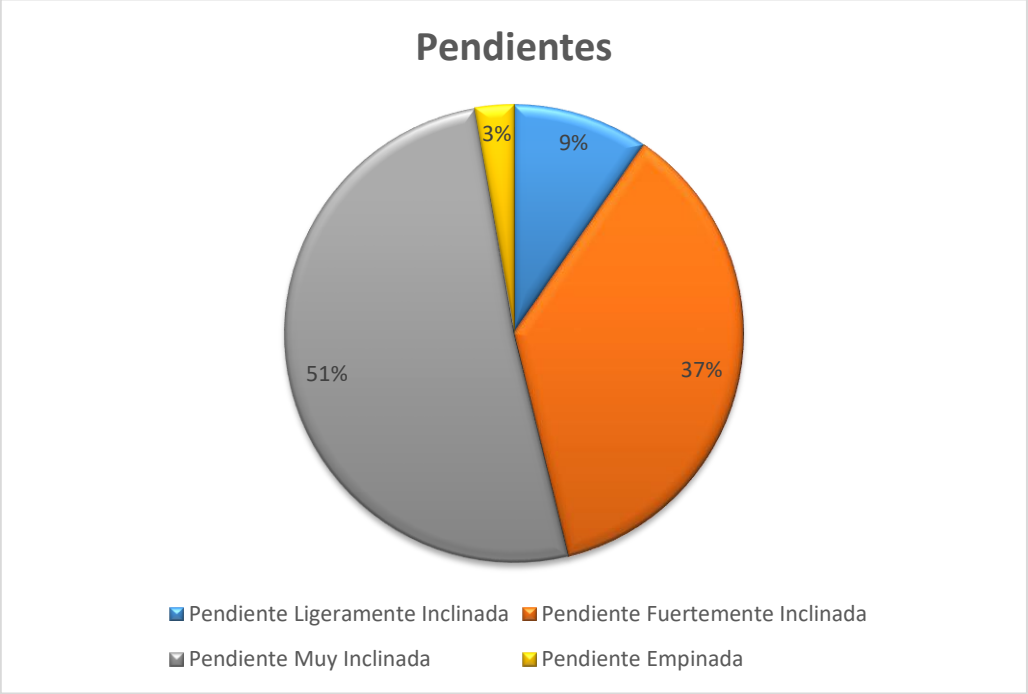


Figura 7. Análisis estadístico de Pendientes.

Fuente: La Autora 2018.

6.4.6. Geomorfología.

Como se muestra en la **Tabla 28,** el área de estudio se caracteriza por presentar varias Unidades Geomorfológicas predominado la Unidad de Relieves Colinados Medianos con un área de 269.24 Hta. Hasta Terrazas Bajas de nivel I con un área de 9.16 Hta. Debido principalmente a la prolongación o ramal derivado de la cordillera de los andes.

De acuerdo a la información generada por Infoplan (2010) y la fotointerpretación realizada en el área de estudio, la geomorfología del área de estudio en la parte central a lo largo de la quebrada Chipillico se encuentra dominada por terrazas (bajas, de nivel I, II), mientras que por la parte Norte y Oeste se pueden evidenciar claramente el Relieve Colinado Mediano por su desnivel que va de los 25 a 100m con pendientes que van desde los 15-35%, en la pare Este se encuentran áreas de baja pendiente 0-5%, que corresponden a zonas de acumulación de material sedimentario y depósitos coluviales y en la parte Norte esta predominando los Relieves montañosos lo cual se puede evidenciar en la forma de las estructuras empinadas y su desnivel que es >300m con pendientes que van desde 35-55%., como se describe el **Anexo 4.- Mapa Geomorfológico**

Tabla 28. Unidades Geomorfológicas del Área de Estudio.

DESCRIPCIO	Área (Hta.)	Perímetro (Km)	Porcentaje (%)
Relieves Colinados Medianos	269.24	24.23	60.05
Relieve Montañoso	46.86	3.20	10.45
Terraza Baja	56.03	6.67	12.49
Terraza Nivel II	19.52	5.68	4.35
Coluvio-Aluvial	23.39	12.15	5.21
Terraza Nivel I	9.16	5.64	2.04
Coluviones	24.13	3.98	5.38

Fuente: La Autora 2018

6.4.7. Clima.

- ✓ **Precipitación**

En base a los valores de los promedios anuales (serie 1995 – 2015), La precipitación anual promedio es de 79,93mm por año (Anuarios Meteorológicos del INAMHI 2017), los meses más secos son junio, julio y agosto con 0 mm, mientras que los meses con mayor precipitación son: enero, febrero y marzo. Siendo febrero el de mayor precipitación con 503,2 mm.

- ✓ **Temperatura.**

De acuerdo a los registros meteorológicos (INAMI 2017) de la estación localizada en Catacocha la temperatura oscila entre los 18 a 26°C. El mes más caluroso del año es el de septiembre.

6.4.8. Hidrología

La superficie de la parroquia al igual que el cantón tienen un déficit hídrico muy marcado, el recurso hídrico se encuentra distribuido dentro del territorio parroquial en tres microcuencas principales: microcuenca de la quebrada Convento con un área total de 1377.5 Hta. 38, 98%; la microcuenca de la quebrada San Antonio con 1260 Ha, que cubre el 35,66% del territorio y los interfluvios de la microcuenca de la quebrada Macanchamine, Playas y Barrial Blanco con 896.08 Ha, con un 25, 36% Las fuentes de Agua que presenta el sector son aprovechadas por los pobladores para el consumo humano así como para riego por gravedad. (PDOT. San Antonio 2015 – 2019).

De acuerdo al Área de estudio en lo concerniente al déficit hídrico se realizó la microcuenca de la quebrada Chipillico como se muestra en la **Figura 8**, mediante la cual se obtuvieron parámetros morfométricos de la microcuenca de la quebrada Chipillico como se describen en la **Tabla 29.**

Tabla 29. Parámetros Morfométricos de la Quebrada Chipillico.

PARAMETROS MORFOMETRICOS CUENCA HIDROGRAFICA		
DESCRIPCION	**UNIDAD**	**VALOR**
DE LA SUPERFICIE		
Área	Hta.	355,68
Perimetro de la cuenca	km	10,66
COTAS		
Cota máxima	msnm	1296
Cota minima	msnm	1008
CENTROIDE (WGS 1984 ZONA 17 SUR)		
X centroide	m	648989
Y centroide	m	9557975
Z centroide	msnm	1296
PENDIENTE		
Pendiente promedio de la cuenca	%	30,32
DE LA RED HIDRICA		
Longitud del curso principal	km	24,39
Orden de la red hidrica	UND	5
Longitud de la red hidrica	km	24,39
Pendiente promedio de la Red Hidrica	%	1,81

Fuente: La Autora 2018

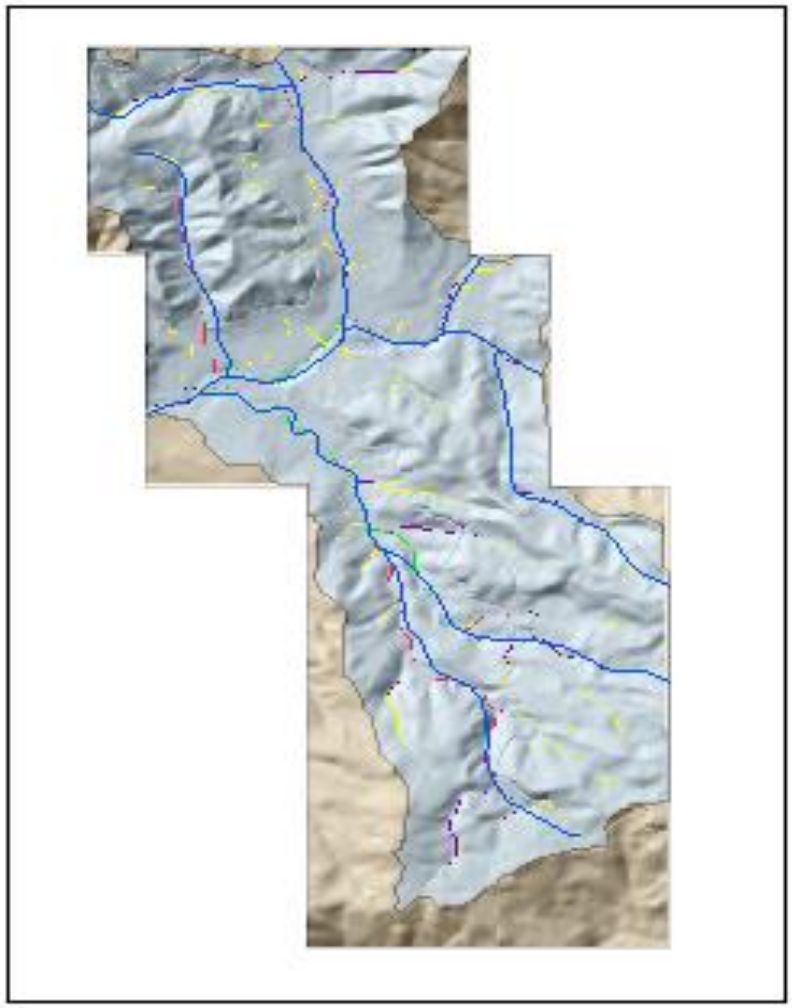


Figura 8. Microcuenca de la Quebrada Chipillico.

Fuente: La Autora 2018.

6.4.9. Áreas de Interés Ambiental.

Según la clasificación de L. Holdridge, la parroquia tiene dos zonas de vida claramente diferenciadas. La zona de vida denominada bosque seco montano bajo, que comprende los barrios de El Pico, Granadillo, Garrochamba, Santa Fe y las partes altas de los barrios Sacapianga y Santo Domingo; y, la zona de vida Bosque Seco Premontano, que se encuentra en los barrios de Santo Domingo, Sacapianga, San Francisco, Polero, el recinto la Chorrera y la cabecera parroquial San Antonio, además cabe aclarar que por el Tramo 2 de la Zona de estudio, no atraviesa ninguna zona de vida.

6.5 Caracterización Geotécnica.

Antes de realizar la caracterización geotécnica para la ampliación de la vía Sauce - Sana Antonio tramo 2 es necesario describir las características que presenta la vía en estudio ya que cuenta con un ancho que oscila entre 5m a 6m a nivel de lastrado y una longitud de 4.5Km, esta vía no presenta las condiciones adecuadas para el transito normal de vehículos debido a su pequeño o reducido espacio provocando peligro en la vía para las comunidades aledañas; es por ello que es necesario realizar un estudio geológico geotécnico para la ampliación de esta vía basados en el alcance de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2014), que dispone presentar las actividades que comprenden el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, de tal forma que garantice un comportamiento adecuado de las estructuras (superestructura y subestructura) para edificaciones, puentes, torres, silos y demás obras, que preserve la vida humana, así como también evite la afectación o daño a construcciones vecinas. (NEC, 2014). De acuerdo a esta norma se debe realizar un estudio detallado de las características físicas y mecánica de los materiales presentes en el área de estudio los cuales se obtienen mediante la exploración geotécnica por medio de métodos directos e indirectos.

6.5.1 Método Indirecto.

6.5.1.1. Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V)

En la exploración geofísica se empleó el Método Eléctrico de Resistividades, en su modalidad de Sondeo Eléctrico Vertical (S.E.V.). Considerando los objetivos planteados en la presente investigación y de acuerdo al cambio de litología se realizaron tres (3) Sondajes Eléctricos Verticales **(Figura 09)**

Figura 9. Ubicación de las líneas SEV.

Fuente: La Autora 2018

Se aplicó el arreglo de Schlumberger con una separación de AB/2 que alcanzo hasta los 70m con una profundidad aproximada de 27.2m, los cuales permitieron obtener la resistividad aparente de los materiales que presenta el área de interés.

Los Sondeos eléctricos verticales (SEV) permitieron determinar mediante el cambio de resistividades la variación de litológica que presenta el subsuelo así como también permitió encontrar la presencia del nivel freático a una profundidad 6. 66m en el SEV5 que se realizó en el área de estudio, ya que en la vía Sauce – San Antonio Tramo 2 existe la presencia de la Quebrada Chipillico

Para obtener las potencias de los estratos se utilizó el programa IPI2Win que está diseñado para la interpretación 1D de las curvas de sondeo eléctrico vertical a lo largo de un perfil, para lo cual el programa utiliza una tabla de datos en la cual se ingresan los datos recogidos en campo, como son las aberturas de los electrodos MN/2, la distancia de separación AB/2 y la resistividad aparente, logrando así las curvas de resistividades (verdadera, aparente y obtenida en campo.)

Este programa ayuda con el procesamiento de datos donde se determina; el número de capas (N), la resistividad (p), la altura o espesor de capa (h) y la profundidad máxima interpretada (d).

Mediante la comparación de varias definiciones o tablas ya elaboradas se realiza la correlación, comparación e identificación de los materiales que se encuentran presentes en el subsuelo.

La representación gráfica de los estratos y de las curvas obtenidas mediante el programa IPI2Win junto con los resultados de campo y laboratorio se muestran en el **Anexo 8.- Ensayos de resistividades aparentes SEV,** y se describen a continuación, tomando como base la **Tabla 30. Litología asumida de acuerdo a la variación de resistividades**

Tabla 30. Litología asumida de acuerdo a la variación de resistividades.

RANGO Ωm.	DESCRIPCIÓN
0 – 15	Material de origen volcánico con alta permeabilidad como tobas andesítica, tobas dacíticas y tobas riolíticas
15 – 30	Capa de cobertura correspondiente a depósitos aluviales compuestos por arenas, gravas, limos, arcillas.
30 – 50	Conglomerado dominado por arenas limosas
50 – 150	Tobas poco fracturadas con permeabilidad regular
>150	Toba Andesítica de mayor compacidad

Fuente: La Autora 2018

S.E.V. # 4

Coordenadas: X: 9556843 Y: 649389 Z:1199

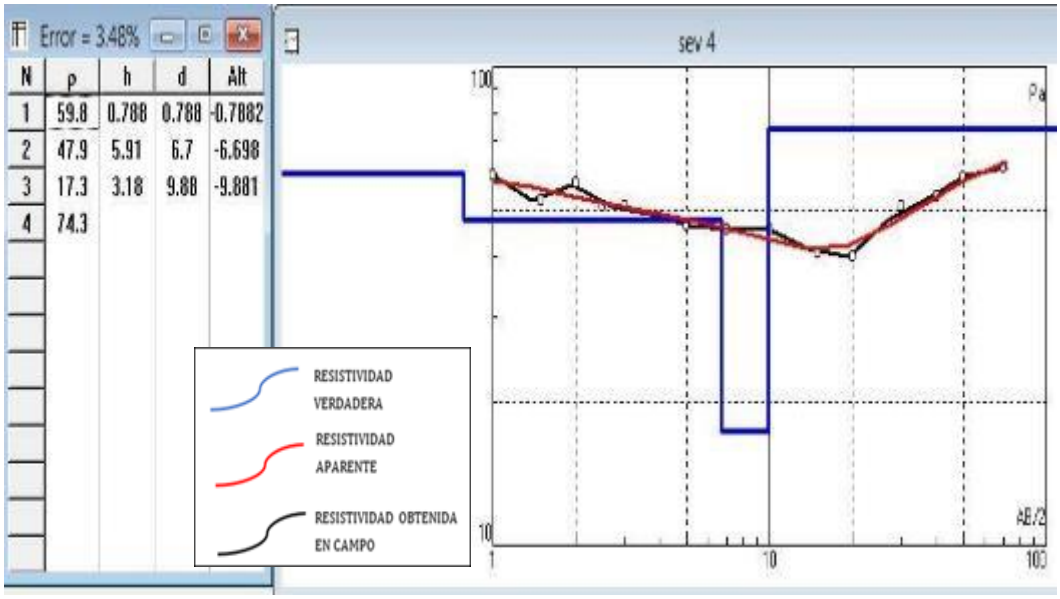


Figura 10. Curvas de resistividad procesadas con IPI2Win – SEV 4.

Fuente: La Autora 2018

Figura 11. Representación del número de capas en SEV 4.

Fuente: La Autora 2018

Tabla 31. Resultados Obtenidos del SEV4.

Capa	Resistividad. Ωm.	Potencia	Litología	Espesor
1	59.8	6.70	Tobas poco fracturadas con permeabilidad regular	9.88
2	17.3	3.18	Depósitos aluviales compuestos por arenas, gravas, limos, arcillas	
3	74.3	-	Tobas poco fracturadas con permeabilidad regular	

Fuente: La Autora 2018

La Tabla 31. Representa las potencias junto a las resistividades encontradas en el perfil litológico del SEV 4. Así como la **Figura 10**, representa curva de resistividad que se obtiene al momento de realizar en ensayo. La primera capa según su resistividad corresponde a las tobas poco fracturadas con permeabilidad regular con un espesor de 6.70, en la segunda capa se encontró depósitos aluviales compuestos por arenas,

gravas, limos, arcillas con un espesor de 3.18m, la tercera capa es indefinida y constituida por tobas poco fracturadas con permeabilidad regular.

S.E.V. # 5

Coordenadas: X: 9558036 Y: 649789 Z: 1068

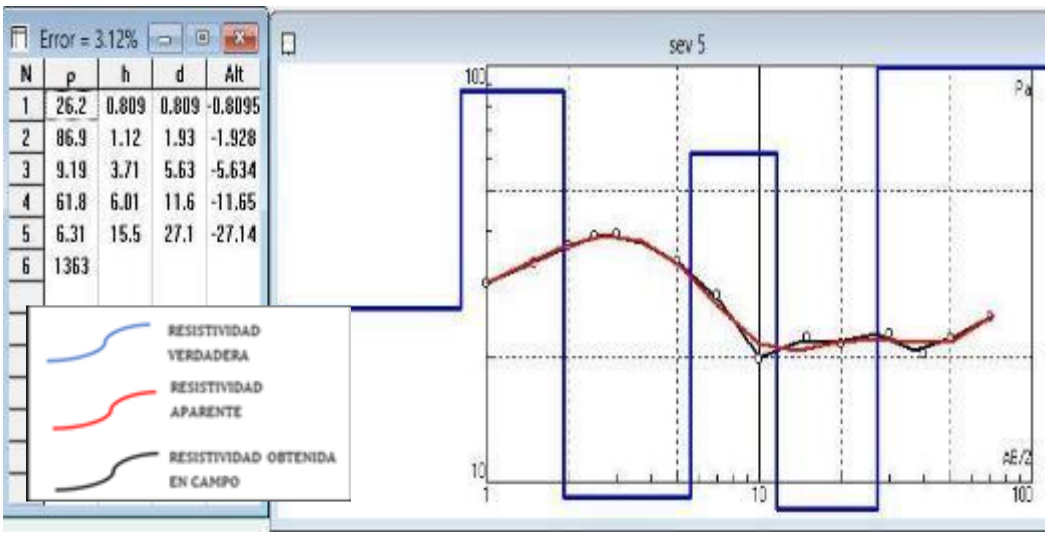


Figura 12. Curvas de resistividad procesadas con IPI2Win – SEV 5.

Fuente: La Autora 2018

Figura 13. Representación del número de capas en SEV 5.

Fuente: La Autora 2018

Tabla 32. Resultados Obtenidos del SEV 5.

Capa	Resistividad. Ωm.	Potencia (m)	Litología Asumida	Espesor Total
1	26.79	0.88	Materiales compuestos por arenas, gravas, limos y arcillas	27.22m
2	88.91	1.12	Tobas poco fracturadas con permeabilidad regular	
3	8.726	3.71	Material de origen volcánico con alta permeabilidad como tobas andesítica y tobas dacíticas	
4	62.16	6.01	Tobas poco fracturadas con permeabilidad regular	
5	6.31	15.5	Material de origen volcánico con alta permeabilidad como tobas andesítica y tobas dacíticas	
6	1363	_	Basamento o Roca intacta	

Fuente: La Autora 2018

La Tabla 32.- Representa las potencias junto a las resistividades encontradas en el perfil litológico del SEV 5. Así como la **Figura 12**, representa curva de resistividad que se obtiene al momento de realizar en ensayo. La primera capa según su resistividad corresponde a materiales compuestos por arenas, gravas, limos y arcillas con un espesor de 0.88m, En la segunda capa se encuentran tobas poco fracturadas con permeabilidad regular y un espesor de 1.12m, la tercera capa contiene material de origen volcánico con alta permeabilidad como tobas andesítica y tobas dacítica con un espesor de 3.71m, en la cuarta capa se volvió a encontrar tobas poco fracturadas con permeabilidad regular con un espesor de 6.01, la quinta capa contiene material de origen volcánico con alta permeabilidad como tobas andesítica y tobas dacítica con un espesor de 15.5m y por último encontramos el Basamento o Roca Intacta

S.E.V. # 6

Coordenadas: X: 9559398 Y: 648401 Z: 1087

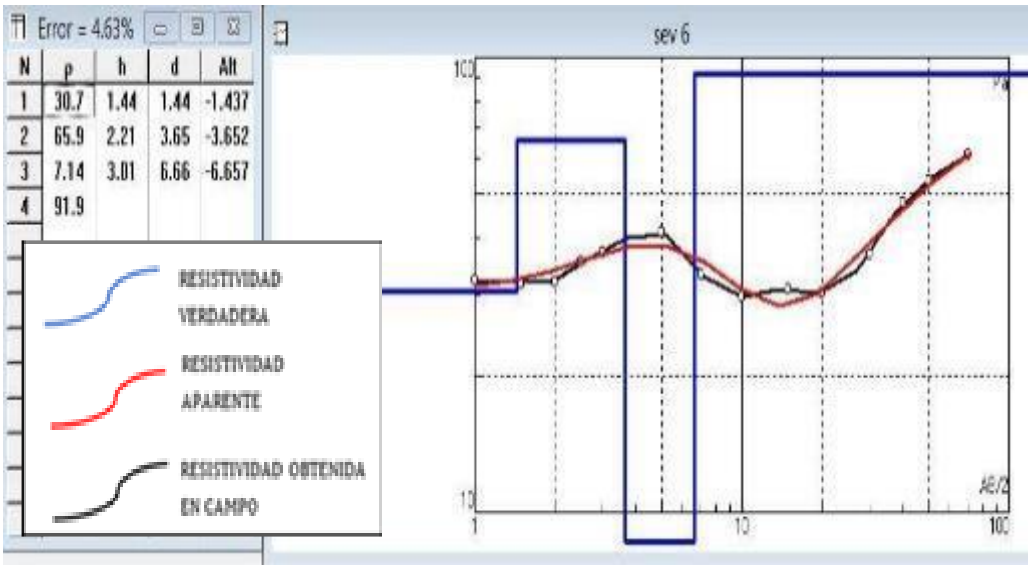


Figura 14. Curvas de resistividad procesada con IPI2Win – SEV 6.

Fuente: La Autora 2018

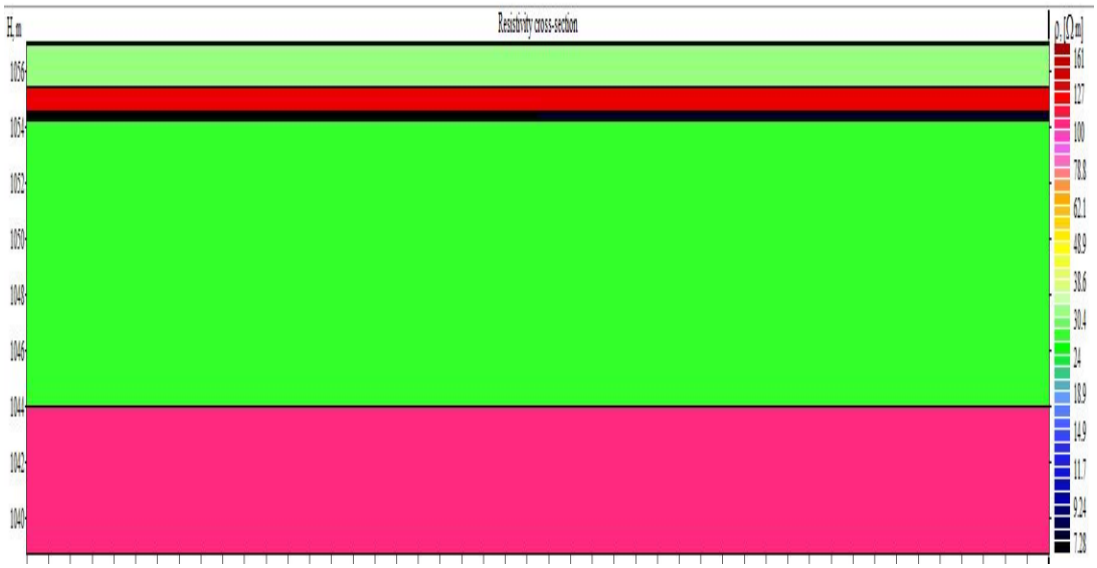


Figura 15. Representación del número de capas en SEV 6.

Fuente: La Autora 2018.

Tabla 33. Resultados Obtenidos del SEV 6.

Capa	Resistividad. Ωm.	Potencia (m)	Litología Asumida	Espesor Total
1	30.7	1.44	Materiales compuestos por arenas, gravas, limos y arcillas	6. 66
2	65.9	2.21	Tobas poco fracturadas con permeabilidad regular	
3	7.14	3.01	Material de origen volcánico con alta permeabilidad como tobas riolíticas	
4	91.9	_	Tobas poco fracturadas con permeabilidad regular.	

Fuente: La Autora 2018

La Tabla 33.- Representa las potencias junto a las resistividades encontradas en el perfil litológico del SEV 6. Así como la **Figura 14**, representa curva de resistividad que se obtiene al momento de realizar en ensayo. La primera capa según su resistividad corresponde a materiales compuestos por arenas, gravas, limos y arcillas con un espesor de 1.44m, En la segunda capa se encuentran tobas poco fracturadas con permeabilidad regular y un espesor de 2.21m, la tercera capa contiene material de origen volcánico con alta permeabilidad como tobas riolíticas con un espesor de 3.01m, la cuarta capa es indefinida volviendo a encontrar tobas poco fracturadas con permeabilidad regular.

6.5.2 Método Directo

6.5.2.1. Calicatas

Se realizaron 3 aperturas de calicatas sistemáticamente como se muestra en la **Fotografía 11,** definidas, debido a la abundancia de cobertura vegetal de afloramientos en estos puntos, se las realizo manualmente lo cual nos permitió obtener

una aproximación a las características geotécnicas además se obtuvo el análisis de suelos como se muestra en el **Anexo 6.- Clasificación de los Suelos.**

Fotografía 11. Calicatas para caracterizar el subsuelo cuyas dimensiones son largo: 1m x ancho: 1m con profundidades variantes de: 0.80m; 0,60m y 040m respectivamente.

Fuente: La Autora, 2018

Se describió las variaciones litológicas, textura, color, humedad, estructura, y consistencia en las fichas de descripción de calicatas que se muestran en las **Tablas 34, 35 y 36** que describen la distribución litológica del terreno.

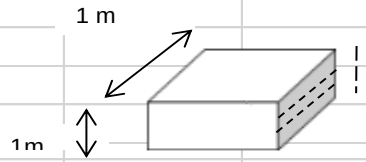
La primera calicata fue realizada al margen izquierdo de la vía con una dirección NO a 5km del punto del inicio de la Vía desde el Sauce, debido a las condiciones del terreno y a la facilidad de acceso; por lo que se encuentra ubicada en las coordenadas UTM: X= 649374; Y= 9556835. Su composición litológica a los 0,40m se encuentra suelos con presencia de raíces de color marrón con presencia de limos, a los 0,70m se encuentran Suelo con mucha oxidación y humedad dando la apariencia de un suelo arenoso compactado de coloración oscuro mal graduado a 1m de profundidad se encuentra roca propia del sector como son las Tobas dacíticas acompañadas del material antes mencionado.

La segunda calicata se realizó a los 7,7 km, en las coordenadas UTM: X= 649265, Y= 9557698, al margen izquierdo de la vía con dirección NE, la profundidad disminuye llegando así a los 0,60 m; litológicamente se encuentran 3 capas que de manera general corresponden a suelos arenosos granulares cuyas partículas o clastos presentan diámetros desde 1mm a 2cm respectivamente además existe la presencia de arcillas llegando a los 0.60m ah encontrar la Roca Toba volcánica propia del sector.

Finalmente a los 9 km con dirección NO se realizó la tercera y última calicata, ubicada en las coordenadas UTM: X= 648332, Y= 9559390; aquí los suelos desaparecían a una profundidad superficial, es decir; a los 0,40m ya se encontró material rocoso haciendo que el grado de excavabilidad cada vez disminuya, generando complicaciones y dificultad al querer profundizar.

Tabla 34. Ficha descriptiva de calicata N°1.

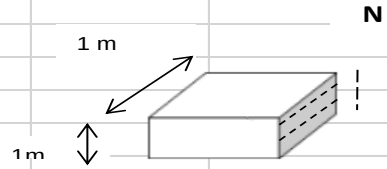
	FICHA TECNICA DE CALICATA		**REALIZA:**	Yomaira Agila	**C - 1**	
					REFERENCIA:	Calicata 1
	Sector:	Vía Sauces - San Antonio (2do tramo).	**X:**	649374	**FECHA:**	18/1/2018
			Y:	9556835	**MAQUINA:**	Pala y Barreta
			Z:	1197		1.00 m
	Documentación:	Topografía a detalle: 1:8000	**GPS:**	GARMIN		1.00 x 1.00 m

SIMBOLOGÍA	**PROFUNDIDAD (m)**	**NATURALEZA DEL TERRENO Y CARACTERISTICAS GEOTECNICAS MACRO:**	**ESQUEMA DE LA CALICATA**
	0,4	Suelo con presencia de raíces, con poca oxidación y humedad dando la apariencia de arena arcillosa de color marrón con partículas subangulares (Krumbein y Sloss; 1963) de tamaño de 1 a 2 mm. Son medianamente excavables.	
	0,3	Suelo con mucha oxidación y humedad dando la apariencia de un suelo arenoso compactado de coloración oscuro (marrón a gris), mal graduado de consistencia firme y poca permeabilidad, cuyas partículas son angulares y subangulares (Krumbein y Sloss; 1963) y su tamaño varia de 2 a 4 mm.	N
	0,3	No se encuentra suelo a esta profundidad, existe la presencia de Roca (Toba de composición dacítica) muy difícil de excavar.	

Fuente: La Autora 2018

Tabla 35. Ficha descriptiva de calicata N°2.

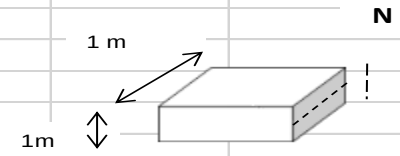
	FICHA TECNICA DE CALICATA		**REALIZA:**	Yomaira Agila	**C - 2**	
					REFERENCIA:	Calicata 2
	Sector:	Vía Sauces - San Antonio (2do tramo).	**X:**	649265	**FECHA:**	18/1/2018
			Y:	9557698	**MAQUINA:**	Pala y Barreta
			Z:	1149		0.60 m
	Documentación:	Topografia a detalle: 1:8000	**GPS:**	GARMIN		1.00 x 1.00 m

SIMBOLOGÍA	**PROFUNDIDAD (m)**	**NATURALEZA DEL TERRENO Y CARACTERISTICAS GEOTECNICAS MACRO:**	**ESQUEMA DE LA CALICATA**
	0,1	Suelo con presencia de raíces, con poca oxidación y poca humedad, la apariencia es de un suelo arenoso limoso con partículas redondeadas (Krumbein y Sloss; 1963) de tamaño que va entre los 2 a 4mm de color amarillento, difícil de excavar.	
	0,35	Suelo con mucha oxidación de color (café a marrón) la apariencia es de un suelo gravoso arcilloso cuyas partículas son subangulares a subredondeadas (Krumbein y Sloss; 1963) y su tamaño varia de 2 a 3mm con una consistencia firme, impermeable difícil de excavar.	
	0,15	A esta profundidad no se encuentra suelo, se presenta Roca firme (Tobas Volcánica) que se relaciona con el material presente en la litología del Área de Estudio	

Fuente: La Autora 2018

Tabla 36. Ficha descriptiva de calicata N°3.

	FICHA TECNICA DE CALICATA		**REALIZA:**	Yomaira Agila	**C - 3**	
					REFERENCIA:	Calicata 3
	Sector:	Vía Sauces - San Antonio (2do tramo).	**X:**	648332	**FECHA:**	18/1/2018
			Y:	9559390	**MAQUINA:**	Pala y Barreta
			Z:	1103		0.40 m
	Documentación:	Topografia a detalle: 1:8000	**GPS:**	GARMIN		1.00 x 1.00 m

SIMBOLOGÍA	**PROFUNDIDAD (m)**	**NATURALEZA DEL TERRENO Y CARACTERISTICAS GEOTECNICAS MACRO:**	**ESQUEMA DE LA CALICATA**
	0.2	Suelo con presencia de raíces, con poca oxidación; dando la apariencia de una grava limoso de color gris con poca presencia de material fino partículas subredondeadas arcilloso cuyas partículas son subangulares a subredondeadas (Krumbein y Sloss; 1963) y su tamaño varia de 3mm a 4mm con una capacidad de drenaje mala o impermeable.	
	0,2	En esta profundidad ya no se encuentra suelo, se aprecia la presencia de material rocoso como Tobas Riolíticas propias del área de estudio muy difícil de excavar.	

Fuente: La Autora 2018

6.5.3 Descripción y clasificación de los suelos.

Para la obtención de las propiedades del suelo se realizó un estudio de campo que consiste en la interpretación técnica de la información recolectada del subsuelo (calicatas) con el propósito de caracterizar el material, plantear y evaluar las características de los mismos mediante ensayos de laboratorio para obtener parámetros físicos obteniendo la Clasificación de los suelos mediante SUCS y AASTHO.

La clasificación de los suelos es muy importante en el estudio geológico geotécnico de la vía ya que nos ayuda a comprender el comportamiento de los suelos además determinar las características físicas de los mismos.

Tabla 37. Clasificación de los Suelos.

N° Muestra	Ubicación		CLASIFICACIÓN	
	X	Y	SUCS	AASHTO
04	649374	9556835	SW/SP	A-2-4
05	649265	9557698	GC	A-2-4
06	648332	9559390	GM	A-2-4

Fuente: La Autora 2018

De Acuerdo a lo **Tabla 37,** la muestra 04 según la clasificación SUCS corresponde a un suelo SW/SP que se describe como arenas o suelos arenosos bien graduadas y mal graduados, mientras que según la clasificación AASTHO es un suelo A-2-4 que corresponde a gravas y arenas limosas

La muestra 05 según la clasificación SUCS corresponde a un suelo GC que se describe como gravas o suelo gravoso con arcilla inorgánica y al igual que la muestra 04 según la clasificación AASTHO corresponde a un suelo tipo A-2-4 que se describen como gravas y arenas Limosas

La muestra 06 según la clasificación SUCS es un suelo tipo GM que corresponde a grava o suelo gravoso con limo inorgánico o arena muy fina y según la clasificación AASTHO es suelo tipo A-2-4 que se describen como gravas y arenas Limosas.

Los resultados obtenidos en el Tramo 2 de la vía Sauce San Antonio (4.5Km – 9Km) se indicó que la muestra 04 presentó suelos arenosos bien graduados y mal graduados con presencia de limos; en la muestra 05 se obtuvo suelos gravosos con presencia de arcillas y limos y en la muestra 06 se obtuvo la presencia de suelos gravosos con presencia de arenas limosas. En los ensayos de suelos realizados en el laboratorio además se obtienen parámetros como contenido de humedad, limite líquido, límite plástico y granulometría como se puede observar en el **ANEXO 6. Clasificación de los Suelos**

6.5.3.1.Consistencia del Suelo.

La consistencia del suelo es la resistencia del suelo a ser deformado esto dependen del contenido de humedad del material, es por esto que la consistencia se expresa en términos de seca, húmeda y mojada; es así que los límites de Atterberg influyen en la determinación de sus consistencia y su clasificación es por lo cual que para determinar las características y propiedades de los suelos primeramente se analizó los resultados de las tres muestras de suelo que se muestran en la **Tabla 38.**

Tabla 38. Límites de Atterberg y Contenido de Humedad.

N° Muestra	Contenido de Humedad (%)	Límite Plástico (%)	Límite Líquido (%)	Índice de Plasticidad (%)
04	15,00	29,00	35,00	6,00
05	17,00	21,00	31,00	10,00
06	15,00	23,00	31,00	8,00

Fuente: La Autora 2018.

De acuerdo a los resultados obtenidos se indicó que las muestras de suelo contienen cierta cantidad de agua lo que indica un cambio en el estado o consistencia del material de un estado plástico cuyo materia presenta un porcentaje entre el 15% al 17% a un estado líquido con un porcentaje del 30 al 35%; además este contenido de humedad indicó la presencia de ciertas cantidades de limo con trazas de arcillas de acuerdo a los índices de plasticidad **IP** diferentes de "0" que van en un rango de 6% a 10%. Que de acuerdo a la **Tabla 5,** son suelos de baja plasticidad.

6.5.3.2.Actividad de los suelos Arcillosos

La Actividad de los suelos arcillosos depende de Índice de plasticidad de los Suelos y del Porcentaje de finos que atraviesa la malla Número 200 es así que se aplicó la siguiente fórmula y se determinó el tipo de mineral predominante en estos suelos.

MUESTRA DE SUELO 04.

DATOS:

IP%: 6

Finos%: 45

FÓRMULA

$$\mathbf{A} = \frac{IP}{\text{Fracción de Finos \%}}$$

$$\boldsymbol{A} = \frac{6}{45}$$

$$\boldsymbol{A} = 0{,}13$$

MUESTRA DE SUELO 05.

DATOS:

IP%: 10

Finos%: 18

FÓRMULA

$$\mathbf{A} = \frac{IP}{\text{Fracción de Finos \%}}$$

$$\boldsymbol{A} = \frac{10}{18}$$

$$\boldsymbol{A} = 0{,}6$$

MUESTRA DE SUELO 06.

DATOS:

IP%: 8

Finos%: 19

FÓRMULA

$$\mathbf{A} = \frac{IP}{\text{Fracción de Finos \%}}$$

$$\boldsymbol{A} = \frac{8}{19}$$

$$\boldsymbol{A} = 0{,}42$$

De acuerdo a los resultados obtenidos al calcular la actividad de las arcillas se obtuvo valores menores a la unidad (1) en rangos que van desde el 0,1 hasta 0,6 que de acuerdo a la **Tabla 6,** Actividad de los suelos Arcillosos corresponden a una determinada clasificación donde estos suelos se ubican en una A≤1 lo que indica que su actividad es baja y el mineral predominante es la caolinita.

6.5.3.3.Análisis de Estabilidad.

La estabilidad de un talud depende de diferentes factores como suelo isotrópico y homogéneo, talud infinitamente largo y superficie de falla paralela al talud, es así que tomando en consideración todas estas características se calculó el Factor se Seguridad en los taludes que se muestra en la **Figura 16,** se tomó en consideración la **Tabla 13.-** Valores referenciales de cohesiones y ángulo de fricción interna en suelos, para el respectivo calculo y cuyos resultados se plasmaron en la **Tabla 39.**

Tabla 39. Estabilidad de los Taludes en el Tramo 2 de la Vía Sauce - San Antonio.

Talud	Ubicación.			Inclinación	FS	Estabilidad.
	X	Y	Z			
1	648995	9557991	1312	31°	1,1	Estable
2	648680	9558945	1112	35°	1,40	Estable

Fuente: La Autora 2018.

Figura 16. Ubicación de Taludes Para cálculo del FS.

Fuente: La Autora 2018.

Con los parámetros obtenidos en campo se realiza el cálculo del Factor de Seguridad en los taludes mediante la aplicación del método del Talud infinito ya que tenemos suelo isotrópico homogéneo y un talud relativamente largo.

Talud: 1

Ubicación:	**Datos**
X:648995	**Angulo de Fricción interna θ=** 32.5
Y:9557991	**Angulo de Trabajo β=** 31
Z:1312	**Arena de Compacidad Media**

$$Fs(seco) = \cancel{\frac{c}{\gamma * H * cos2\beta * tan\beta}} + \frac{\tan\theta}{tan\beta}$$

$$Fs(seco) = \frac{\tan 32.5}{tan31}$$

$$Fs(seco) = 1.1$$ **TALUD ESTABLE.**

Talud: 2

Ubicación:	**Datos**
X:648680	**Angulo de Fricción interna=** 44
Y:9558945	**Angulo de Trabajo β=** 35
Z:1112	**Grava Arenosa Heterogénea.**

$$Fs(seco) = \cancel{\frac{c}{\gamma * H * cos2\beta * tan\beta}} + \frac{\tan\theta}{tan\beta}$$

$$Fs(seco) = \frac{\tan 44}{tan35}$$

$$Fs(seco) = 1.40$$

Los suelos que presentan estos dos afloramientos son material arenoso y graba arenosa homogénea por lo que su cohesión es igual a 0, es así que para el cálculo del Factor de Seguridad únicamente se utiliza el ángulo de fricción interna y el ángulo de trabajo, es así que el resultado del Factor de seguridad obtenido es mayor a 1 por lo que se puede decir que de acuerdo a este resultado las laderas o taludes en la vía son estables por lo que el riesgo geológico en esta zona disminuye, en relación

al Tramo 1 de la Vía Sauce San Antonio puesto que la estabilidad de los taludes disminuye y el riesgo geológico aumenta.

6.5.4 Mecánica de Rocas.

Las propiedades mecánicas del subsuelo se determinan mediante procedimientos aceptados de campo o laboratorio, en el cual se deben precisar cada análisis y toma de muestra recogida de acuerdo al modelo geológico y geotécnico del sitio. Por lo cual se realizaron los siguientes estudios:

6.5.3.1. Ensayos de Compresión Simple.

Las muestras obtenidas de la exploración de campo garantizan la representatividad y conservación que corresponden a los diferentes materiales afectados por el proyecto.

De acuerdo a los ensayos de compresión uniaxial realizados en el laboratorio se obtuvo los siguientes resultados simplificados en la **Tabla 40.**

Tabla 40. Resistencia a la Compresión simple de las Rocas presentes en el Área de estudio.

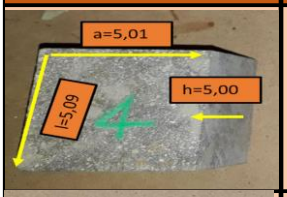
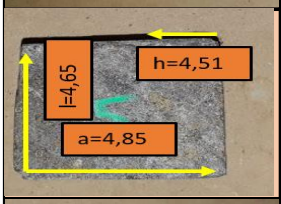
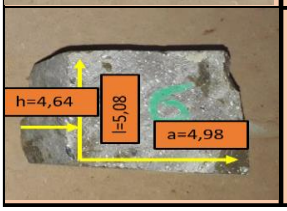
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE								
Muestra 4: Coordenadas X: 649374; Y: 9556835								
Largo cm	Ancho cm	Alto cm	Área cm2	Volumen cm3	Masa gr	Carga Kg	Densidad Kg/cm3	Esfuerzo Kg/cm2
5,09	5,01	5,00	25,48	127,38	335,50	11360,00	2,634	445,91
Muestra 5 : Coordenadas X: 649265; Y: 9557698								
Largo cm	Ancho cm	Alto cm	Área cm2	Volumen cm3	Masa gr	Carga Kg	Densidad Kg/cm3	Esfuerzo Kg/cm2
4,65	4,85	4,51	22,55	101,71	248,60	5960,00	2,444	264,27

Muestra 6 : Coordenadas X: 648.332; Y: 9.559.390								
Largo cm	Ancho cm	Alto cm	Área cm2	Volumen cm3	Masa gr	Carga Kg	Densidad Kg/cm3	Esfuerzo Kg/cm2
5,08	4,98	4,64	25,27	117,27	258,82	12060,00	2,207	477,18

Fuente: Laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA adaptada por la Autora 2018

Para corroborar los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio se realiza la aplicación de las formulas concernientes a Área, Volumen, Esfuerzo; con los datos obtenidos del cubo perfilado en el laboratorio como son largo, ancho ,alto y la carga aplicada a este cubo los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 41.**

Tabla 41. Resistencia a la Compresión simple de las Rocas presentes en el Área de estudio.

Muestra	Área A= l*a	Volumen V= A*h	Esfuerzo. (σ)=F/A
	A= 5,09*5,01 **A=25,96**	V=25,96*5,00 **V= 129.8**	σ= 11360,00/25,96 **σ=437.59**
	A= 4,65*4,85 **A= 22,55**	V=22,55*4,51 **V= 101.71**	σ= 5960,00/22,55 **σ=264,27**
	A= 5,08*4,98 **A=25,29**	V=25,29*4,64 **V= 117.34**	σ= 12060,00/25,29 **σ= 476.86**

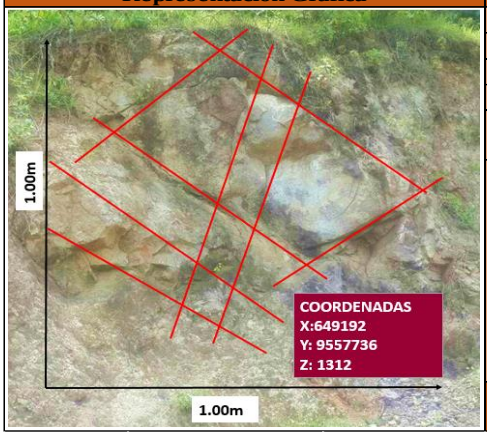
Fuente: La Autora 2018.

Los resultados obtenidos mediante fórmulas que se observan en la **Tabla 41**, son comparados con los resultados obtenidos en el laboratorio los cuales se muestran en la **Tabla 40,** donde se observa la variación de resultados tanto en Área, Volumen y Esfuerzo de la muestras 04 y 06.

6.5.3.2.Índice de Calidad de las Rocas (RQD)

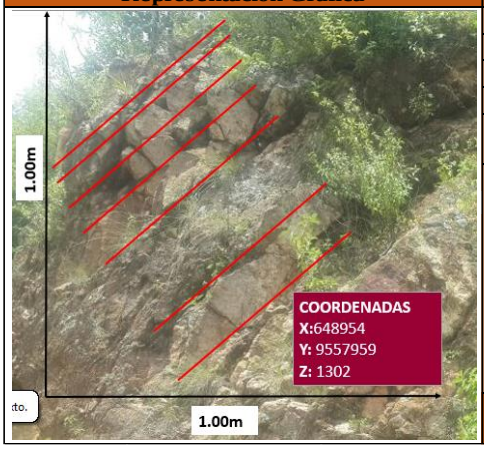
La calidad de las rocas se determinó mediante el conteo de fracturas por 1m3 en un afloramiento y se aplicó la respectiva fórmula observada en las tablas que describen el RQD del área de Estudio.

Tabla 42. Calculo de RQD en Afloramiento 1 (Parte Izquierda del Talud).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
Afloramiento N°1 (Toba Adesitica)		
Representación Grafica	**Calculo del RQD**	
	**Jv:**	Numero de Juntas por m2
	RQD:	Índice de Calidad de la Roca
	N° grt:	Numero de Grietas o fracturas
	Grietas verticales **k= 1.5**	
	Jv= N°grt por m3 x K	**RQD (%)**= 115-(3.3)Jv
	Jv: 8*15. **Jv: 12**	RQD(%): 115 - 3.3(12) RQD(%): 115 - 39.6 RQD(%): **75.4**
	Calidad	**Buena**

Fuente: La Autora 2018

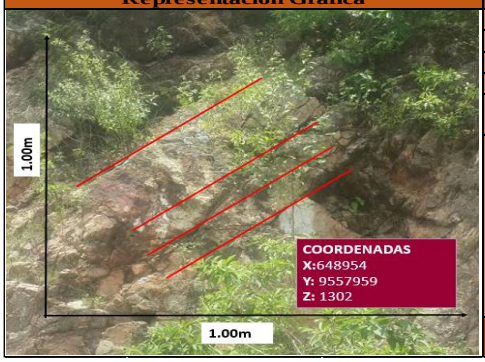
Tabla 43. Calculo de RQD en Afloramiento 1 (Parte derecha del Talud).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
Afloramiento N°2 (Toba Adesitica)		
Representación Grafica	**Calculo del RQD**	
	**Jv:**	Numero de Juntas por m2
	RQD:	Índice de Calidad de la Roca
	N° grt:	Numero de Grietas o fracturas
	Grietas verticales **k= 1.5**	
	Jv= N°grt por m3 x K	**RQD (%)**= 115-(3.3)Jv
	Jv: 7*1.5 **Jv: 10.5**	RQD(%): 115 - 3.3(10.5) RQD(%): 115 - 34.65 RQD(%): **80.35**
	Calidad	**Buena**

Fuente: La Autora 2018

La **Tabla 42 y 43** representan el cálculo del Índice de Calidad de la Roca (RQD) en el afloramiento 1 que corresponde a Tobas Andesítica, estas tablas luego de su respectivo análisis nos arrojan un RQD del 75.4% y 80.35% resultando su calidad Buena según la **Tabla 5. Calidad de los macizos rocosos.**

Tabla 44. Calculo de RQD en Afloramiento 2 (Parte Central del Talud).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
Afloramiento N°2 (Toba Adesitica)		
Representación Grafica	**Calculo del RQD**	
	**Jv:**	Numero de Juntas por m2
	RQD:	Índice de Calidad de la Roca
	N° grt:	Numero de Grietas o fracturas
	Grietas verticales **k= 1.5**	
	Jv= N°grt por m3 x K	**RQD (%)**= 115-(3.3)Jv
	Jv: 4 *1.5 **Jv: 6**	RQD(%): 115 - 3.3(6) RQD(%): 115 - 19.8 **RQD(%): 95.2**
	Calidad	**Excelente**

Fuente: La Autora 2018

La **Tabla 44** representan el cálculo del Índice de Calidad de la Roca (RQD) en el afloramiento 2 que corresponde a Tobas Andesítica, esta tabla luego de su respectivo análisis arrojo un RQD del 95.2% resultando su calidad Excelente.

Tabla 45. Calculo de RQD en Afloramiento 3 (Parte Izquierda del Talud).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial		
Afloramiento N°3 (Toba Dacítica)		
Representación Grafica	**Calculo del RQD**	
	Jv:	Numero de Juntas por m2
	RQD:	Índice de Calidad de la Roca
	N° grt:	Numero de Grietas o fracturas
	Grietas verticales **k= 1.5**	
	Jv= N°grt por m3 x K	**RQD (%)**= 115-(3.3)Jv
	Jv: 3 *1.5 Jv: **4.5**	RQD(%): 115 - 3.3(4.5) RQD(%): 115 - 14.85 RQD(%): **100.15**
	Calidad	**Excelente**

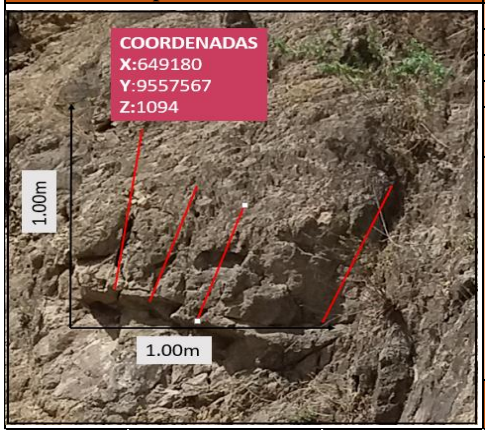
Fuente: La Autora 2018

Las **Tablas 45, 46 y 47** representan el cálculo del Índice de Calidad de la Roca (RQD) en el afloramiento 3 que corresponde a Tobas Dacíticas, estas tablas luego de su respectivo análisis arrojo un RQD de 100%, 95.2% y 98,2% resultando su calidad Excelente según la

Tabla 46. Calculo de RQD en Afloramiento 3 (Parte Central del Talud).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Afloramiento N°3 (Toba Dacítica)

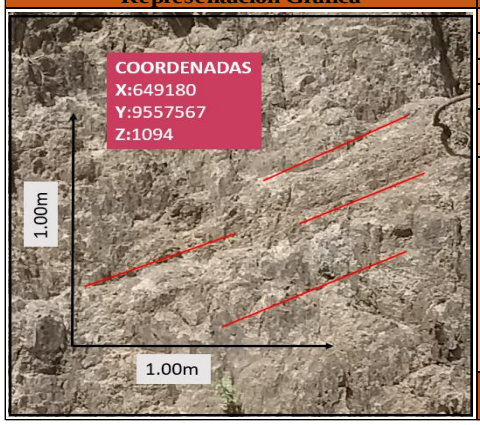
Representación Grafica	**Calculo del RQD**	
	Jv:	Numero de Juntas por m2
	RQD:	Índice de Calidad de la Roca
	N° grt:	Numero de Grietas o fracturas
	Grietas verticales **k= 1.5**	
	Jv= N°grietas por m3 x K	**RQD (%)**= 115-(3.3)Jv
	Jv: 4 *1.5 Jv: **6**	RQD(%): 115 - 3.3(6) RQD(%): 115 - 19.8 RQD(%): **95.2**
	Calidad	**Excelente**

Fuente: La Autora 2018

Tabla 47. Calculo de RQD en Afloramiento 3 (Parte Derecha del Talud).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Afloramiento N°3 (Toba Dacítica)

Representación Grafica	**Calculo del RQD**	
	**Jv:**	Numero de Juntas por m2
	RQD:	Índice de Calidad de la Roca
	N° grt:	Numero de Grietas o fracturas
	Grietashorizontales **k= 1.15**	
	Jv= N°grietas por m3 x K	**RQD (%)**= 115-(3.3)Jv
	Jv: 4 *1.15 Jv: **4.6 grt/m3**	RQD(%): 115- 3.3(4.6) RQD(%): 115 - 15.8 RQD(%): **99.2**
	Calidad	**Excelente**

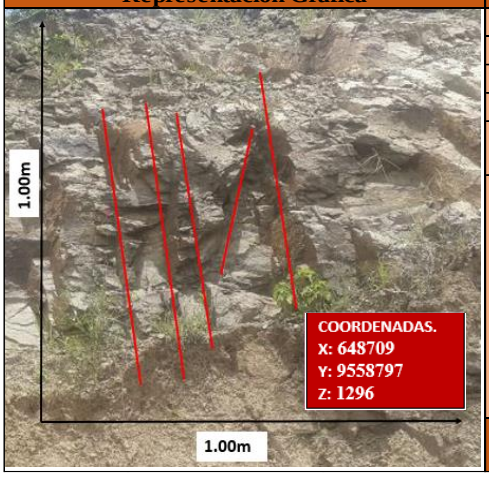
Fuente: La Autora 2018

La **Tabla 48** representan el cálculo del Índice de Calidad de la Roca (RQD) en el afloramiento 4 que corresponde a Tobas Riolíticas, esta tabla luego de su respectivo análisis arrojo un RQD del 90.25% resultando su calidad Excelente según la**.**

Tabla 48. Calculo de RQD en Afloramiento 4 (Parte Central del Talud).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Afloramiento N°4 (Toba Riolítica)

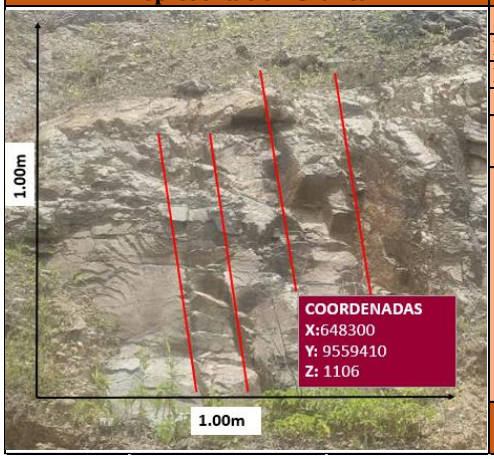
Representación Grafica	**Calculo del RQD**	
	**Jv:**	Numero de Juntas por m2
	RQD:	Índice de Calidad de la Roca
	N° grt:	Numero de Grietas o fracturas
	Grietas verticales **k= 1.5**	
	Jv= N°grt por m3 x K	**RQD (%)**= 115-(3.3)Jv
	Jv: 5*1.5 **Jv: 7.5**	RQD(%): 115 - 3.3(7.5) RQD(%): 115 - 24.75 **RQD(%): 90.25**
	Calidad	**Excelente**

Fuente: La Autora 2018

Tabla 49. Calculo de RQD en Afloramiento 2 (Parte Central del Talud).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Afloramiento N°5 (Toba Riolítica)

Representación Grafica	**Calculo del RQD**	
	**Jv:**	Numero de Juntas por m2
	RQD:	Índice de Calidad de la Roca
	N° grt:	Numero de Grietas o fracturas
	Grietas verticales **k= 1.5**	
	Jv= N°grt por m3 x K	**RQD (%)**= 115-(3.3)Jv
	Jv: 4 *1.5 **Jv: 6**	RQD(%): 115 - 3.3(6) RQD(%): 115 - 19.8 **RQD(%): 95.2**
	Calidad	**Excelente**

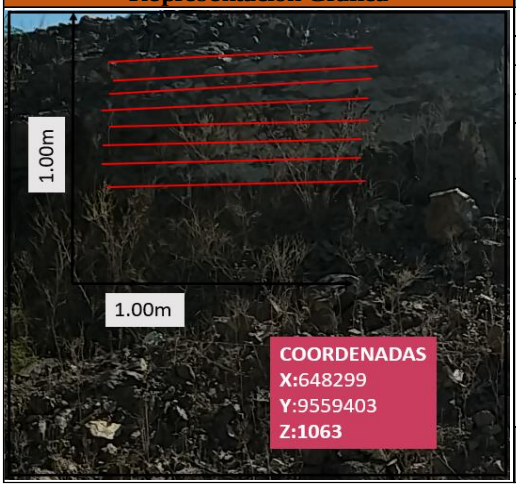
Fuente: La Autora 2018

La **Tabla 49,** representan el cálculo del Índice de Calidad de la Roca (RQD) en el afloramiento 5 que corresponde a Tobas Riolíticas, esta tabla luego de su respectivo análisis arrojo un RQD del 95.2% resultando su calidad Excelente según la **Tabla 5. Calidad de los macizos rocosos.**

Tabla 50. Calculo de RQD en Afloramiento 6 (Parte Derecha del Talud).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Afloramiento N°6 (Toba Riolítica)

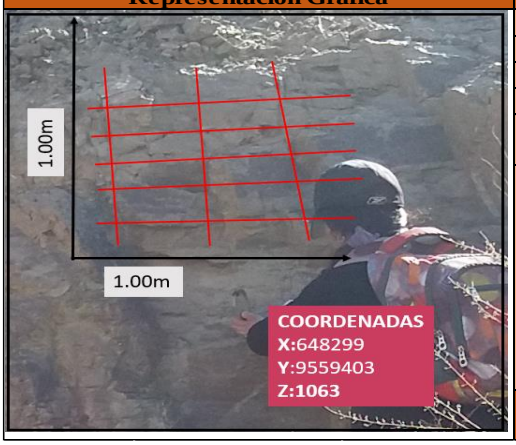
Representación Grafica	**Calculo del RQD**	
	Jv:	Numero de Juntas por m2
	RQD:	Índice de Calidad de la Roca
	N° grt:	Numero de Grietas o fracturas
	Grietas horizontales **k= 1.15**	
	Jv= N°grt por m3 x K	**RQD (%)**= 115-(3.3)Jv
	Jv: 8 *1.15 Jv: 9.2	RQD(%): 115 - 3.3(9.2) RQD(%): 115 - 30.36 **RQD(%): 84.64**
	Calidad	**Buena.**

Fuente: La Autora 2018

Tabla 51. Calculo de RQD en Afloramiento 6 (Parte Central del Talud).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Afloramiento N°6 (Toba Riolítica)

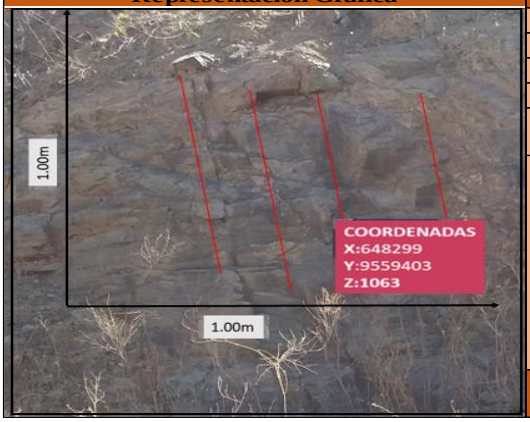
Representación Grafica	**Calculo del RQD**	
	Jv:	Numero de Juntas por m2
	RQD:	Índice de Calidad de la Roca
	N° grt:	Numero de Grietas o fracturas
	Grietas horizontales **k= 1.15**	
	Jv= N°grt por m3 x K	**RQD (%)**= 115-(3.3)Jv
	Jv: 5 *1.15 **Jv: 5.75**	RQD(%): 115 - 3.3(5.75) RQD(%): 115 - 18.98 **RQD(%): 81.02**
	Calidad	**Buena.**

Fuente: La Autora 2018

Tabla 52. Calculo de RQD en Afloramiento 6 (Parte Central del Talud).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Afloramiento N°6 (Toba Riolítica)

Representación Grafica	Calculo del RQD	
	**Jv:** Numero de Juntas por m2	
	RQD: Índice de Calidad de la Roca	
	N° grt: Numero de Grietas o fracturas	
	Grietas verticales **k= 1.5**	
	Jv= N°grt por m3 x K	**RQD (%)**= 115-(3.3)Jv
	Jv: 4 *1.5 **Jv: 6**	RQD(%): 115 - 3.3(6) RQD(%): 115 - 19.8 **RQD(%): 95,2**
	Calidad	**Excelente**

Fuente: La Autora 2018

Las Tablas 50, 51 y 52 representan el cálculo del Índice de Calidad de la Roca (RQD) en el afloramiento 6 que corresponde a Tobas Riolíticas, estas tablas luego de su respectivo análisis arrojo un RQD de , 95.2% , 81,2% y 84.64% resultando su calidad de Buena a Excelente según la Tabla 5. Calidad de los macizos rocosos.

Las Tobas Riolíticas presentes en el Área de Estudio de acuerdo a los cálculos obtenidos de los taludes 4, 5 y 6, indican que la Calidad de Roca se encuentra en un Índice de Buena a Excelente.

6.5.3.3.Clasificación de Bieniawski o del RMR (1973, 1976, 1989)

El sistema RMR, como puede apreciarse en la **Tabla 53**, cuenta con cinco parámetros básicos. Cada uno de estos parámetros está subdividido en rangos de aplicación con sus puntuaciones respectivas. Con los resultados de laboratorio antes mencionados y con la caracterización de los macizos rocosos, se realizó la clasificación geomecánico RMR establecida por Bieniawski, 1989, con el fin de determinar la calidad del

macizo rocoso en la Roca Toba Riolítica, para lo cual hacemos uso de los datos obtenidos en la **Fotografía 10.**

Macizo Rocoso I: Toba Riolítica.

Fotografía 10. Parámetros para el cálculo del RMR.

Fuente: La Autora 2018

Tabla 53. Parámetros RMR del sistema Vertical.

PARAMETROS		VALOR
Resistencia a la compresión simple de la roca intacta (JSC)		46.79 MPa
Índice RQD		95,2%
Espaciamiento de las discontinuidades		20 cm
Condición de la discontinuidad	Longitud	1m
	Apertura	3 mm
	Rugosidad	Rugosa
	Relleno	Ninguno
	Alteración	Ligeramente Alterada
Condiciones de agua subterránea		No existe la presencia de agua
Orientación de discontinuidades	∞**j:** S77°O ∞**s:** S75°O **β j:** 85° **β s:** 50°	**F1=** 0.15 **F2=** 1 **F3=** 25 **F=**3.75

Fuente: La Autora 2018

Luego de analizar los datos para el cálculo del RMR, utilizamos la **Tabla 54**, que describe los valores reales para la obtención del índice RMR.

Tabla 54. Parámetros RMR del sistema Vertical.

Parámetro			Rango de Valores						
1	Resistencia de la Roca Intacta	Carga Puntual	>10 Mpa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa			
		Compresión Simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	Valor		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%		
	Valor		20	17	13	8	3		
3	Espaciado de las Discontinuidades		>2 m	0.6-2 m	0.2-0.6 m	6-20 cm	<6 cm		
	Valor		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
		Valor	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	<0.1 mm	0.1-10 mm	1-5 mm	>5 mm		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugoso	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5 mm	Relleno duro >5 mm	Relleno blando <5 mm	Relleno blando >5 mm		
		Valor	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
		Valor	6	5	3	1	0		
5	Flujo de agua en las juntas	Relación Pagua/Pprinc	0	0,1-0,2	50-75%	0,2 -0,5	>0,5		
		Condiciones Generales	Completamente Secas	Ligeramente Húmedas	Húmedas	Goteando	Agua Fluyendo		
		Valor	15	10	7	4	0		

Fuente: Gavilanes H & Andrade B, Introducción a la Ingeniería de Túneles, 2004

Para determinar el Factor de Ajuste se utilizó la **Tabla 55**, determinando así el valor a ser sustraído del valor índice del RMR.

Tabla 55. Factor de Ajuste referido a la Orientación de las Discontinuidades.

Caso		Muy Favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy Desfavorable
P T	|∞j-∞s| |∞j-∞s-180|	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°
P/T	F1	0,15	0,40	0,70	0,85	1
P	|Bj|	<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°
	F2	0.15	0,40	0,70	0,85	1
T	F2	1	1	1	1	1
P T	Bj - Bs Bj + Bs	>10° <110°	10°- 0 110°-120°	0° >120°	0-(-10°)	<-10°
P/T	F3	0	-5	-25	-50	-60
P: Rotura Plan; **T:** Rotura Por Vuelco; **∞s**: Dirección de buzamiento del talud; **∞j:** dirección del buzamiento de las juntas; **Bs**: Buzamiento del Talud; **Bj**: Buzamiento de las Juntas						

Fuente: ROMANA. M 1985.

Para Obtener el Cálculo del RMR realizamos la suma de todos estos parámetros como se observa en la **Tabla 56**, y luego de esto obtenemos la calidad del Macizo Rocoso de la Toba Riolítica.

Tabla 56. Tabla de Resultados RMR de la Toba Riolítica.

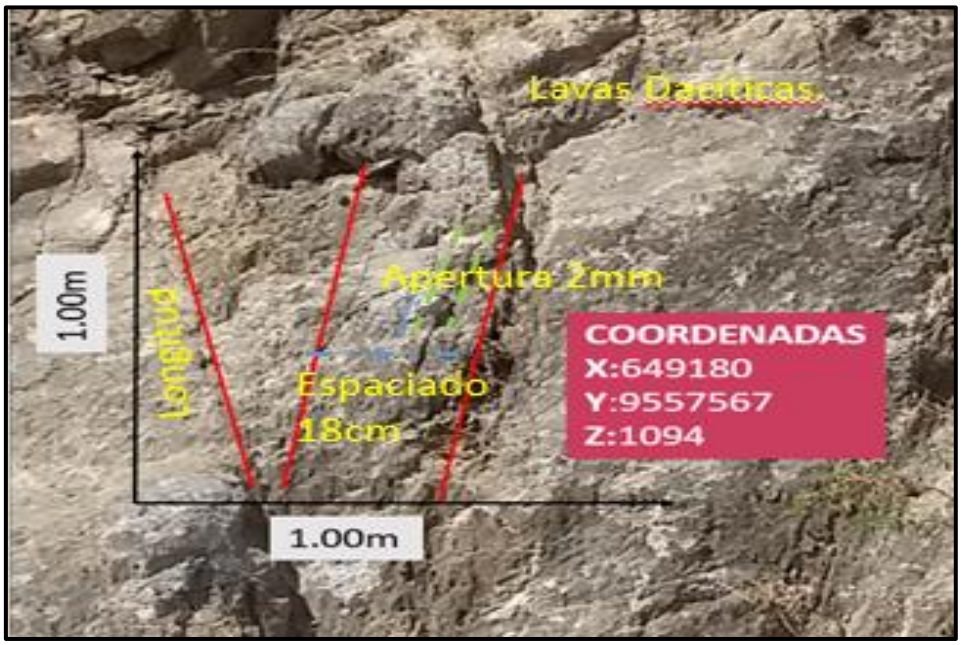
PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL RMR	VALOR
1. Resistencia a la compresión simple de la roca (JSC)	+4
2. Índice RQD.	+20
3. Espaciamiento de las Discontinuidades.	+8
4. Condición de las Discontinuidades.	+23
5. Condiciones de Agua Subterránea.	+15
6. Factor de ajuste referido a la orientación de discontinuidades	-3.75
TOTAL	**66.25**

Fuente: La Autora 2018.

Los tipos de roca establecidos por Bieniawski están definidos en rangos del I al V, en donde la Clase I se la considera como roca muy buena y la Clase V como roca Muy mala, de acuerdo al resultado obtenido en la **Figura 9.** El macizo Rocoso de Clase II equivale a Bueno.

Macizo Rocoso II: Lavas Dacítica.

Para realizar el cálculo del RMR se hace uso de los parámetros obtenidos en la **Fotografía 11,** y se analiza los datos plasmados en la **Tabla 57.**



Fotografía 11. Parámetros para el cálculo del RMR.

Fuente: La Autora 2018

Tabla 57. Parámetros RMR del sistema Vertical.

PARAMETROS		VALOR
Resistencia a la compresión simple de la roca intacta (JSC)		26.42 MPa
Índice RQD		900%
Espaciamiento de las discontinuidades		18 cm
Condición de la discontinuidad	Longitud	1m
	Apertura	2 mm
	Rugosidad	Rugosa
	Relleno	Ninguno

	Alteración	Ligeramente Alterada
Condiciones de agua subterránea		No existe la presencia de agua en las discontinuidades.
Orientación de discontinuidades	∞**j:** N79°E ∞**s:** N38°E **β j:** 87° **β s:** 30°	**F1=** 0.15 **F2=** 1 **F3=** 5 **F**=0.75

Fuente: La Autora 2018

Luego de analizar los datos para el cálculo del RMR, utilizamos la **Tabla 58**, que describe los valores reales para la obtención del índice RMR.

Tabla 58. Parámetros RMR del sistema Vertical.

Parámetro			**Rango de Valores**						
1	Resistencia de la Roca Intacta	Carga Puntual	>10 Mpa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa			
		Compresión Simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	Valor		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%		
	Valor		20	17	13	8	3		
3	Espaciado de las Discontinuidades		>2 m	0.6-2 m	0.2-0.6 m	6-20 cm	<6 cm		
	Valor		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
		Valor	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	<0.1 mm	0.1-10 mm	1-5 mm	>5 mm		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugoso	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5 mm	Relleno duro >5 mm	Relleno blando <5 mm	Relleno blando >5 mm		

		Valor	6	4	2	2	0
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderada mente alterada	Muy alterada	Descompuesta
		Valor	6	5	3	1	0
5	Flujo de agua en las juntas	Relación Pagua/Pprinc	0	0,1-0,2	50-75%	0,2 -0,5	>0,5
		Condiciones Generales	Completame nte Secas	Ligeramente Húmedas	Húmedas	Goteando	Agua Fluyendo
		Valor	15	10	7	4	0

Fuente: Gavilanes H & Andrade B, Introducción a la Ingeniería de Túneles, 2004

Para determinar el Factor de Ajuste se utilizó la **Tabla 59**, determinando así el valor a ser sustraído del valor índice del RMR.

Tabla 59. Factor de Ajuste referido a la Orientación de las Discontinuidades.

Caso		Muy Favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy Desfavorable
P T	|∞j-∞s| |∞j-∞s-180|	>30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	<5°
P/T	F1	0,15	0,40	0,70	0,85	1
P	|Bj|	<20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	>45°
	F2	0.15	0,40	0,70	0,85	1
T	F2	1	1	1	1	1
P T	Bj - Bs Bj + Bs	>10° <110°	10°- 0 110°-120°	0° >120°	0-(-10°)	<-10°
P/T	F3	0	-5	-25	-50	-60
P: Rotura Plan; **T:** Rotura Por Vuelco; **∞s**: Dirección de buzamiento del talud; **∞j:** dirección del buzamiento de las juntas; **Bs**: Buzamiento del Talud; **Bj**: Buzamiento de las Juntas						

Fuente: ROMANA. M 1985.

Para Obtener el Cálculo del RMR realizamos la suma de todos estos parámetros como se observa en la **Tabla 60**, y luego de esto obtenemos la calidad del Macizo Rocoso de la Toba Riolítica.

Tabla 60. Tabla de Resultados RMR de la Lavas Dacítica.

PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL RMR	VALOR
1. Resistencia a la compresión simple de la roca (JSC)	+4
2. Índice RQD.	+20
3. Espaciamiento de las Discontinuidades.	+8
4. Condición de las Discontinuidades.	+23
5. Condiciones de Agua Subterránea.	+15
6. Factor de ajuste referido a la orientación de discontinuidades	0.75
TOTAL	**69.25**

Fuente: La Autora 2018.

Los tipos de roca establecidos por Bieniawski están definidos en rangos del I al V, en donde la Clase I se la considera como roca muy buena y la Clase V como roca Muy mala, de acuerdo al resultado obtenido en las Tabla 60, el macizo Rocoso de Clase II equivale a Bueno.

Según los resultados obtenidos los macizos rocosos calculados son de Clase II que tienen una descripción de buenos además esto puede cambiar de acuerdo al número de discontinuidades presentes, a su ángulo de trabajo, tipo de volcamiento y numero de discontinuidades presentes en el macizo rocoso.

7. DISCUCIÓN DE RESULTADOS.

Según el plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia San Antonio elaborado en el año del 2015 y tomando como referencia las cartas topográficas de la ciudad de Catacocha y Chaguarpamba 1:50.000 elaboradas por el Instituto Geográfico Militar (IGM), la zona de estudio presenta cotas que van desde los 742 m s.n.m a 1400 m s.n.m., esta información es corroborado con el levantamiento topográfico a detalle del área de estudio teniendo cotas que van de 1008 m. s.n.m a 1296 m s.n.m. que confirma la veracidad de la topografía levantada, además de ser considerado como un relieve irregular y montañoso; el levantamiento topográfico a detalle es el inicio de la campaña de exploración geotécnica, el mismo que sirvió como base para realizar el levantamiento geológico a detalle.

En el área de estudio se tienen que la zona no está propensa a inundaciones ya que por la vía atraviesa una quebrada llamada Chipillico que en periodo de invierno (Según INAMI Enero Febrero y Marzo) su caudal Aumenta debido a las fuertes precipitaciones pero esto no causa algún tipo de inestabilidad en la parte Hidrológica del Sector debido a las condiciones Geológicas que presenta el Área de Estudio.

Según la Hoja Geológica de Cariamanga y Zaruma escala 1:100.000 elaboradas por el Instituto Geográfico Militar del Ecuador y editadas por INIGEMM 2013; señala que la Geología del área de estudio se encuentra en la Unidad Loma Blanca perteneciente al Periodo Oligoceno conformada por rocas volcanoclásticas de composición acida, principalmente por tobas riolíticos de color blanco estratificadas de textura porfirítica, además la zona de estudio abarca también la Unidad Catacocha perteneciente al periodo Oligo-Mioceno constituido por aglomerados, brechas y tobas masivas de color gris, purpura y marrón amarillento, de composición intermedia a ácida cortada por diques ácidos, dentro de la secuencia se encuentran intercalaciones de conglomerados mal clasificados, flujos laharíticos distales y areniscas tobáceas que está compuesta por material fino como sedimentos en el cual se encuentran arcillas, limos y depósitos volcánicos; esta información es ratificada en el sector de estudio al momento de realizar la Geología local donde se identificó tobas riolíticas de coloración blanco a rosado con

una alta presencia de cuarzo y feldespato potásico en forma irregular, presencia de micas que combinado a la oxidación que presentan le dan el color a las rocas lo que se reconoce en la Unidad Loma Blanca; también existe la presencia de toba andesítica compacta y disgregada de color gris de composición intermedia a ácida cortada por diques ácidos, conjuntamente existe la presencia de lavas blancas de composición dacítica cuya forma es regular y el contenido en cuarzo y plagioclasas es muy alto, se observa micas y cuarcitas lo que les proporciona el color blanquecino que presentan lo que verifica la información presente en la Unidad Catacocha lo cual comprueba la información plasmada en las Hojas Geológicas mencionadas; conjuntamente se ratifica los contactos y estructuras.

Debido a la escasa información de parámetros geotécnicos, como la inexistencia de estudios Geotécnicos realizados en este Sector (Sauce – San Antonio), la presente investigación se basó en la norma Ecuatoriana de construcción NEC 2014, apartado de geotecnia y cimentaciones, donde se consideró un métodos directo (calicatas) y un métodos indirecto (SEV), al mismo tiempo que se realizó la caracterización del macizo rocoso, según la presente norma por medio de la Clasificación de Rock Mass Rating (Bieniawski, 1976 y 1989), aportando con el mayor número de datos geotécnicos que servirá para analizar, correlacionar y describir las propiedades físico-mecánicas de los materiales geológicos mediante estos métodos.

Según el método directo que se ejecutó en la presente investigación, la apertura de calicatas permitió obtener las características preliminares en el 1 metro de exploración geotécnica, lo cual nos presenta una característica de este mediante la clasificación AASTHOO de un suelo que corresponde a gravas y arenas limosas y un contenido de humedad que oscila entre 15.08% a 17.32%, en todo el tramo de estudio.

En los parámetros que marcan la identificación de los suelos además de la clasificación están los límites de Atterberg como son el Límite líquido y el límite Plástico a través de los cuales se obtiene el índice de plasticidad de los Suelos dando como resultado en el Área de Estudios Suelos con características de baja Plasticidad ya que su IP es diferente

de 0 en la muestra 04 su IP es de 06, la muestra 05 tiene un IP de 10 y la muestra 06 tiene un IP de 08.

En cuanto al contenido o Actividad de la Arcilla las muestras presentan rangos que van desde el 0,1 hasta 0,6 que corresponden a una actividad de arcillas baja y cuyo mineral predominante en estos suelos es la caolinita ya que están en una rango <1

En lo referente al ensayo indirecto como es el sondeo eléctrico vertical (SEV), permitió obtener características físicas del suelo a mayor profundidad que el método directo, para lo cual fue necesario correlacionar con datos bibliográficos de resistividades de algunos ensayos realizados en zonas de similar litología y comparar con las resistividades obtenidas mediante este ensayo obteniendo así las potencias de acuerdo a su resistividad; asimismo fue necesario realizar la correlación de la geología local debido a la potencia de las capas obtenidas.

Para la clasificación del macizo rocoso fue necesario la obtención de la resistencia a la compresión simple y el Índice de calidad de la Roca (RQD), para el primer parámetro se realizaron ensayos de laboratorio en los tres puntos donde se ejecutaron las calicatas, en la muestra de roca N°06 se aplicó una carga de 12060Kg obteniendo un esfuerzo de 477,18Kg/cm2, acotando que este dato sirvió para obtener el índice a las resistencia a la compresión simpe que fue de 46.79 MPa

El índice de calidad de la roca (RQD) se ejecutó de acuerdo a la litología local obtenida en el área de estudio por medio del método de ventanas, para la obtención del RMR se tomó encuenta el afloramiento de Toba Riolítica en su sistema Vertical debido a que la muestra para el ensayo de compresión simple es de este afloramiento, el resultado del índice de calidad del roca (RQD) es 95,2% con una calidad de Excelente.

La calidad del macizo rocoso de la zona en estudio es 66.25% a 70% que le corresponde a la categoría II (61% - 80%) de acuerdo a la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR), 1976 y 1989 se tiene una categoría de roca buena, esta información se puede

confirmar en el campo debido que no hay información respecto a estudios relacionados con caracterización de macizos rocosos.

Como referencia se puede realizar una interpretación a este tipo de roca que pertenece al Clase II (61% - 80%); que involucra excavaciones lentas con promedios de avance entre 1.5 a 20metros. Se debe contemplar siempre un sostenimiento primario. Anclajes en mallas de 1.5 a 3.0 m.

A pesar que la Vía Sauce – San Antonio no cuanta con ningún estudio geológico – geotécnico para su ampliación, la presente investigación trata de dar un enfoque direccionado a los parámetros físico – mecánicos del sector de estudio Sauce – San Antonio; factores fundamentales en los estudios geológicos-geotécnicos.

8. CONCLUSIONES.

- ✓ La topografía del área de estudio segundo tramo (4,5Km – 9Km) de la vía Sauce – San Antonio comprende cotas de elevación que van desde los 1008 m. s.n.m que corresponde a la parte más baja (Noroeste), aumentando progresivamente a los 1296 m. s.n.m donde se encuentra la parte más alta (Sureste) y una superficie que cuenta con un área de 448,07 Ha.

- ✓ La geología del sector de estudio comprende la Unidad Loma Blanca perteneciente al Periodo Oligoceno y Unidad Catacocha perteneciente al periodo Oligo-Mioceno, en donde se identificó tobas riolíticas de coloración blanco a rosado con una alta presencia de cuarzo y feldespato potásico, también se encuentran toba andesítica compacta y disgregada de color gris además existe la presencia de lavas blancas de composición dacítica cuya forma es regular y el contenido en cuarzo y plagioclasas es muy alto, se observa micas y cuarcitas lo que les proporciona el color blanquecino.

- ✓ Las muestras de suelo recolectadas en la apertura de calicatas permitieron clasificar y determinar el tipo de suelo mediante el sistema único de clasificación de suelos AASTHO dando como resultado un suelo A-2-4 que corresponde a gravas y arenas limosas y mediante la clasificación SUCS tenemos: SW/SP que se describe como arenas o suelos arenosos bien graduadas y mal graduados; GC que se describe como gravas o suelo gravoso con arcilla inorgánica, y GM que corresponde a grava o suelo gravoso con limo inorgánico o arena muy fina.

- ✓ Se realizó tres ensayos de compresión simple que garantizan la representatividad del terreno o área de estudio del segundo tramo (4,5Km – 9Km) de la vía Sauce – San Antonio mediante los cuales se obtuvo los siguientes datos: ensayo 04 un área de 25,48cm2 y un esfuerzo de 445,91Kg/cm2; ensayo 05 un área de 22,55cm2 y un esfuerzo de 264,27 Kg/cm2; ensayo 06 un área de 25,27cm2 y un esfuerzo de 477,18 Kg/cm2 según los resultados obtenidos del Laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA.

- ✓ La Calidad de las Rocas (RQD) se determinó mediante el conteo de fracturas en 1m2 en los afloramientos representativos de cada tipo de roca según la geología local en la vía de estudio; de acuerdo a los datos recogidos en campo y procesados en oficina se tiene que la calidad de las Rocas (RQD) se encuentran en un rango de Buena a Excelente, de tal manera que no presentan ninguna alteración alguna.

- ✓ El macizo rocoso que presenta la vía de acuerdo al resultado obtenido en la Figura 9. Es de Clase II que equivale a Bueno según la clasificación geomecánica (RMR) de Bieniawski, 1976 y 1989; por lo que se puede decir que según los estudios realizados esta área no presenta ninguna probabilidad a caída o volcamiento del macizo rocoso para la ampliación de la vía.

- ✓ De acuerdo a la presente investigación las resistividades aparentes obtenidas presentan un cambio de resistividades irregular en las líneas de SEV 5 con un valor 6.31 Ω.m y SEV 6 con un valor de 7.14 Ω.m, lo que difiere notoriamente de acuerdo a las resistividades obtenidas en la línea de SEV 04, por lo que de acuerdo a la geología local se ha determinado que son capas de material de origen volcánico con alta permeabilidad como tobas andesítica y tobas dacítica, siendo estas resistividades un indicativo de la presencia de un posible cuerpo de agua.

- ✓ Los suelos que se presentan durante el transcurso de la vía del segundo Tramo (4,5Km – 9Km) de la vía Sauce – San Antonio, son material arenoso y graba arenosa homogénea por lo que su cohesión es igual a 0, es así que el cálculo del Factor de Seguridad obtenido es mayor a 1 es así que de acuerdo a este resultado las laderas o taludes en la vía son estables de tal manera que los riesgo geológico en esta zona disminuye.

9. RECOMENDACIONES.

- ✓ Se recomienda hacer uso de la información topográfica y geológica levantada en esté proyecto de investigación ya que cuenta con datos actualizados y a detalle.

- ✓ Realizar ensayos de laboratorio tales como: perforaciones, ensayo de compresión triaxial y corte directo para suelos y rocas, de tal manera que permita obtener parámetros mecánicos de forma directa y correlacionarlo con los resultados obtenidos de manera indirecta en esta investigación.

- ✓ En cuanto a construcciones ingenieriles de carácter civil en el sector de estudio, se recomienda aumentar el número de líneas de SEV, para obtener una correlación de datos más exacta sobre todo en las zonas cercanas a la quebrada Chipillico, permitiendo así obtener información del nivel freático y que afectaciones podría acarrear su existencia.

- ✓ En cuanto a temporada invernal al momento de realizar la ampliación de la vía es recomendable que esto se realice en época de verano ya que las precipitaciones en invierno aumentan causando daños en cuanto a construcción de obra en esta época.

- ✓ Se debe realizar un estudio geológico- geotécnico así como un rediseñamiento del puente que atraviesa la quebrada Chipillico de tal manera que al momento de realizar la ampliación de la vía no se den los llamados embotellamientos al momento de transitar por la misma.

- ✓ Para realizar la ampliación de la vía se recomienda primeramente realizar el diseño de esta en base al estudio geológico – geotécnico del área de estudio Sauce – San Antonio tomando en consideración las propiedades físico-mecánicas de los suelos y propiedades geomecánica de las rocas presentes en esta vía.

- ✓ Por las características geo – mecánicas de las rocas presentes en este sector se recomienda la ejecución de la obra, claro está tomando en cuenta los resultados expuestos anteriormente. Básicamente controlando los materiales permeables para evitar una sobresaturación de las rocas y con esto la alteración en el comportamiento físico – mecánico de las mismas.

10. BIBLIOGRAFÍA.

ARANHA DOMÍNGUEZ, F. A. (1979) "*Topografía y astronomía posición a Ingenieros y Arquitectos*". Editorial McGraw - Hill. Sao Paulo.

AYSEN A (2002). "*Soil Mechanics Basic Concepts and Engineering Application*." Editorial George Allen & Unwin Ltd. Boston.

BAÑÓN BLÁZQUEZ, L; BEVIÁ GARCÍA J. (2000) "Manual de carreteras", Contratista de Obras S.A., Vol. 1. ISBN 84-607-0267-7

BELOUSOV V. (1979) "*Geología Estructural*" Segunda Edición. Moscú, Rusia.

BILLINGS M.P (1974). "*Geología Estructural*" Argentina.

BRAJA M. DAS. 2012. Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones. Séptima Edición.

BRAJA M. DAS. "Fundamento de Ingeniería Geotécnica, COPYRIGHT © 2001 por International Thomson Editores, S. A. de C. V. Sacramento. California.

BRINKER R, WOLF P. (2007) "*Topografía"*. Editorial Alfaomega S.A. México

CRESPO C. 2011. *"Mecánica De Suelos Y Cimentaciones".* Limusa. México.

DEERE U. (1967) "*Geología aplicada a la Ingeniería"* Editorial Prentice-Hall, Inc, Estados Unidos de Norte América.

ESCOBAR, DUQUE. (2013) *"Manual de geología para Ingenieros. Geomorfología"* Manizales.

FRANQUET J, QUEROL A. (2010) "*Nivelación De Terrenos Por Regresión Tridimensional"* Editorial UNED-Tortosa. España

GAVILANES J. HERNÁN & ANDRADE HARO, BAYRON. 2004. Introducción a la Ingeniería de Túneles. Caracterización, Clasificación y Análisis Geomecánico de Macizos Rocosos.

GAVILANES H. Y ANDRADE B. (2004). "*Introducción a la Ingeniería de Túneles"* Quito.

GONZÁLEZ de Vallejo, FERRER M, ORTUNO L, & OTEO C. (2004). "*Ingeniería Geológica*". Madrid, España.

GONZÁLEZ L, FERRER M, ORTUNO L, & OTEO C. (2004) "*Planeación Módulo Fotointerpretación y Mapificación*" Primera EDICIÓN © Copyrigth. España.

MIJAILOV, L. (2010) *"Hidrogeología"* Editorial Mir. Moscú, Rusia.

MTOP (2016) "*Informe Oficial Rendición de Cuentas*". Ecuador.

TARBUCK E.J. y LUTGENS F.K., (2005) "*Ciencias de la Tierra*". Edit. Prentice Hall, España

N. GELLA & J. BRUGGEN. (1930) "*La exploración geofísica del subsuelo*" Editorial Ahumada 32. Santiago de Chile.

ORELLANA, E., (1982) "*Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua.*" Paraninfo, S. A. Madrid.

PEÑA MONÉ, J.L. (1997) "Cartografía Geomorfológica básica y aplicada" Editorial Geoforma. Zaragoza

SUÁREZ J (2009) *"Deslizamientos. Volumen 1: Análisis Geotécnico"* México

SOWERS, (1979). "*Introducción y Fundamentos a la Mecánica del Suelos: Ingeniería Geotécnica"* México.

THOMAS, J.A.G. (1977) "*An introduction to geological maps*" Editorial George Allen & Unwin Ltd. Boston.

WHITLOW, R. (1994), "*Fundamentos de Mecánica de Suelos*" Editorial Continental. ISBN. 9789682612398

11. ANEXOS.

ANEXO 1.- Mapa Topográfico del Área de Estudio.

ANEXO 2.- Mapa Geológico del Área de Estudio.

ANEXO 3.- Mapa de Pendientes del Área de Estudio.

ANEXO 4.- Mapa Geomorfológico del Área de Estudio.

ANEXO 5.- Ficha de Descripción de Afloramientos

ANEXO 6.- Ensayos de Clasificación de los Suelos del Estudio Geológico - Geotécnico para la ampliación de la vía Sauce - San Antonio Kilómetro 4.5 - 9, a nivel de lastrado, ubicado en el Cantón Paltas, Provincia de Loja.

ANEXO 7.- Ensayos de Compresión Simple realizados en la vía Sauce - San Antonio Kilómetro 4.5 - 9, a nivel de lastrado, ubicado en el Cantón Paltas, Provincia de Loja.

ANEXO 8.- Líneas SEV en la vía Sauce - San Antonio Kilómetro 4.5 - 9, a nivel de lastrado, ubicado en el Cantón Paltas, Provincia de Loja.

ANEXO 1.- Mapa Topográfico del Área de Estudio.

ANEXO 2.- Mapa Geológico del Área de Estudio.

ANEXO 3.- Mapa de Pendientes del Área de Estudio.

ANEXO 4.- Mapa Geomorfológico del Área de Estudio.

ANEXO 5. - Fichas de Descripción de Afloramientos.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

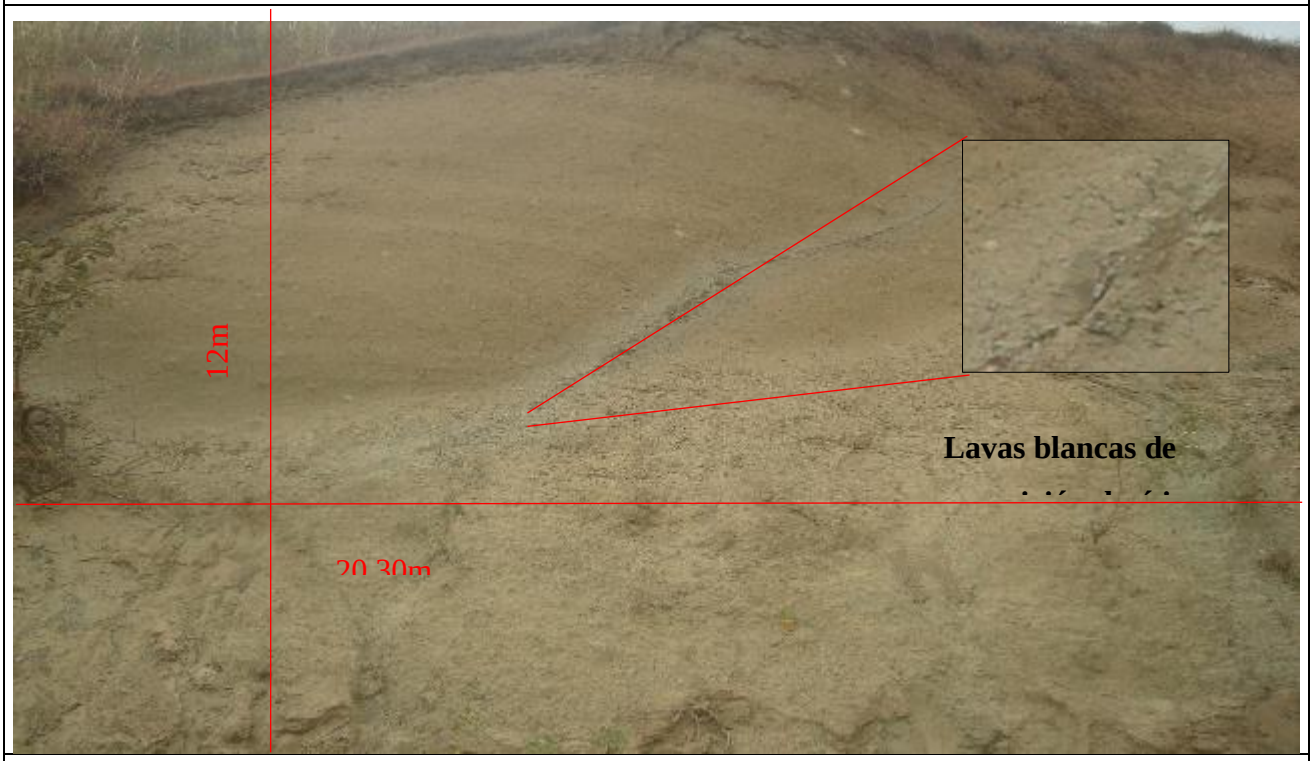
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO SECTOR: Segundo tramo de la Vía Sauce – San Antonio.

AFLORAMIENTO N° 1

FECHA:	02/09/2017		**FORMACIÓN:**	Catacocha
UBICACIÓN	**X:**	649398	**DATOS ESTRUCTURALES**	
	Y:	9556725	**Rumbo**	**Buzamiento**
	Z:	1190	N 38° E	30° SO
DIMENSIONES	Alto: 12m Largo: 20,30m			

FOTOGRAFÍA.



DESCRIPCIÓN:

Se encuentra presencia de Lavas blancas de composición dacítica, con meteorización física (fragmentación), química (oxidación) y biológica (presencia de vegetación).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

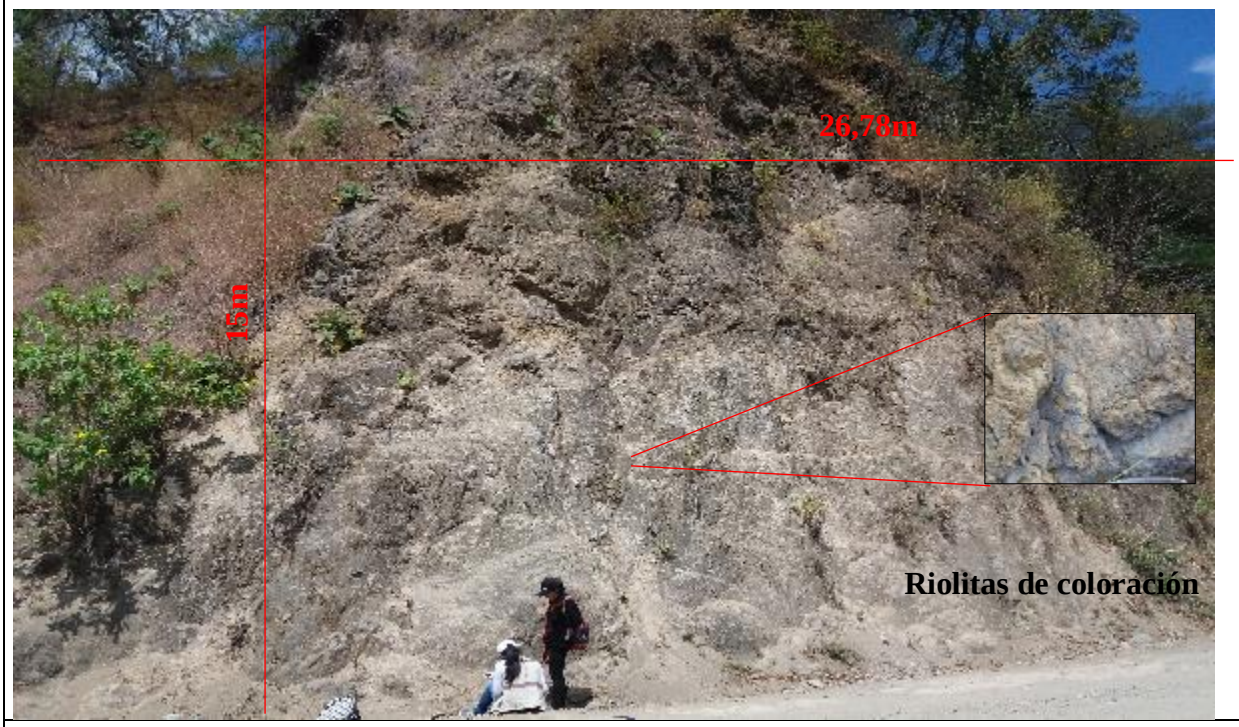
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO SECTOR: Segundo tramo de la Vía Sauce – San Antonio.

AFLORAMIENTO N° 2

FECHA:	02/09/2017		**FORMACIÓN:**	Loma Blanca
UBICACIÓN	**X:**	649180	**DATOS ESTRUCTURALES**	
	Y:	9557567	**Rumbo**	**Buzamiento**
	Z:	1094	N 80° E	55° NO
DIMENSIONES	Alto: 15m Largo: 26,78m			

FOTOGRAFÍA.



DESCRIPCIÓN:

En el presente afloramiento se evidencia la presencia de riolitas de coloración blanco a rosado con textura porfídica, con meteorización física (fragmentación), química (oxidación) y biológica (presencia de vegetación).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

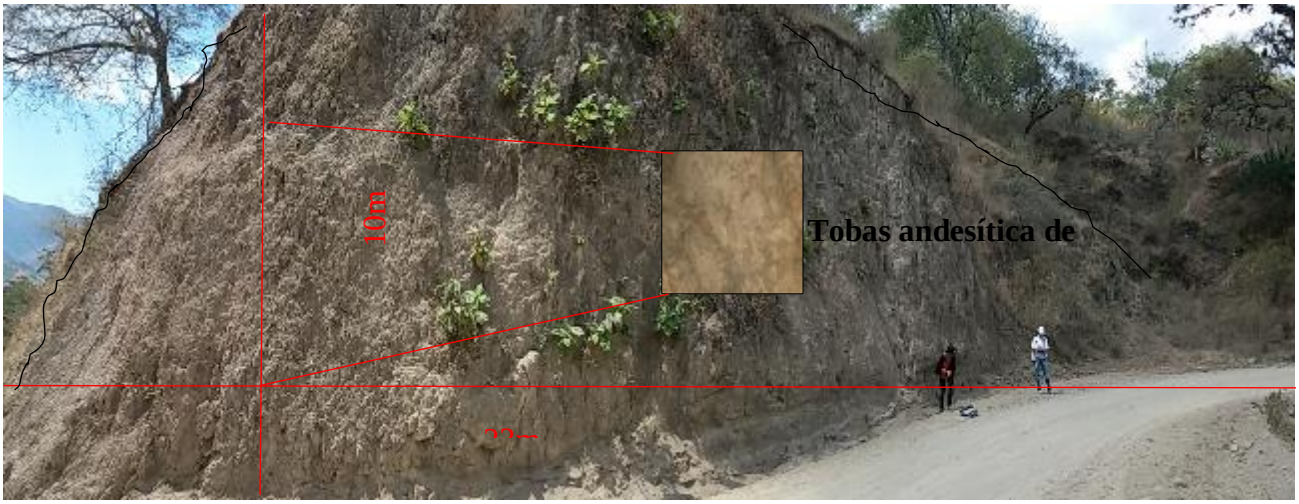
Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO SECTOR: Segundo tramo de la Vía Sauce – San Antonio.

AFLORAMIENTO N° 3

FECHA:	02/09/2017		**FORMACIÓN:**	Catacocha
UBICACIÓN	**X:**	649047	**DATOS ESTRUCTURALES**	
	Y:	9557925	**Rumbo**	**Buzamiento**
	Z:	1068	N 11° O	60° SE
DIMENSIONES	Alto: 10m Largo: 23m			

FOTOGRAFÍA.



DESCRIPCIÓN:

Presencia de rocas como las tobas andesíticas de color gris, se recalca que se vuelve a encontrar litología correspondiente a la formación Catacocha. En el presente afloramiento se puede evidenciar que el macizo rocoso presenta meteorización física, química y biológica.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO SECTOR: Segundo tramo de la Vía Sauce – San Antonio.

AFLORAMIENTO N° 5

FECHA:	02/09/2017		**FORMACIÓN:**	Catacocha
UBICACIÓN	**X:**	648299	**DATOS ESTRUCTURALES**	
	Y:	9559403	**Rumbo**	**Buzamiento**
	Z:	1063	S 75° O	5° NO
DIMENSIONES	Alto: 8m Largo: 29,30m			

FOTOGRAFÍA.

DESCRIPCIÓN:

El presente afloramiento está constituido por Toba andesítica compacta en la parte superior y disgregada en la parte inferior de color gris oscuro, con meteorización química (oxidación), física (fracturación) y biológica (presencia de escasa vegetación).

ANEXO 6.- Ensayos de Clasificación de los Suelos del Estudio Geológico - Geotécnico para la ampliación de la vía Sauce - San Antonio Kilómetro 4.5 - 9, a nivel de lastrado, ubicado en el Cantón Paltas, Provincia de Loja.

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : **ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA VIA SAUCE- SAN ANTONIO KM 4,5-9, A NIVEL DE LASTRADO, UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS, PROVINCIA DE LOJA**

OBRA : ESTUDIO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO

UBIC : CANTON PALTAS- PROVINCIA DE LOJA — POZO: M4 — UTM: 9556835;649374

FECHA : ENERO-2018 — OPERADOR: O.V — PROFUND.: 1,00 m.

	GOLPES	PESO HM	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		92,90	83,78	25,35	15,61	
		97,84	88,63	25,32	14,55	15,08
2.- LIM. LIQUIDO	33	36,63	34,32	27,56	34,17	
	27	37,66	35,11	27,83	35,03	
	22	36,52	34,19	27,70	35,90	
	16	34,99	32,48	25,94	37,00	35,33
3.- LIMITE PLASTICO		33,66	32,32	27,61	28,45	
		34,87	33,49	28,66	28,57	28,51

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 586,0 (H/S) H

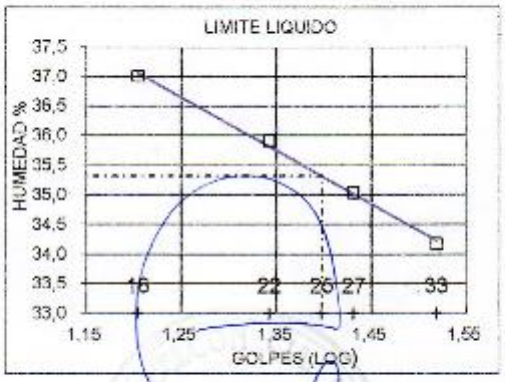
PESO INICIAL DE CALCULO: 509,2

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	5,28	1,0	99
No. 10	16,06	4,2	96
No. 40	56,77	15,3	85
No. 200	660,45	145,0	(45)

COLOR= CAFÉ

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	1	%
ARENA=	144	%
FINOS=	-45	%
LL =	35,00	%
LP =	29,00	%
IP =	6,00	%
CLASIFICACION:		
SUCS =	SW/SP	
AASHTO=	A-2-4	
IG(86)=	0	
IG(45)=	0	



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : **ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACION DE LA VIA SAUCE- SAN ANTONIO KM 4,5 - 9, A NIVEL DE LASTRADO, UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS, PROVINCIA DE LOJA**

OBRA : ESTUDIO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO

UBIC. : CANTÓN PALTAS- PROVINCIA DE LOJA — POZO: M5 — UTM: 9557698;649265

FECHA : ENERO-2018 — OPERADOR: O.V — PROFUND.: 0,60 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		102,00	91,14	27,28	17,01	
		95,89	85,40	25,91	17,63	17.32
2.- LIM. LIQUIDO	33	34,14	32,12	25,34	29,79	
	27	38,12	35,55	27,18	30,70	
	22	37,46	34,55	25,31	31,49	
	16	33,44	31,28	24,55	32,10	30,85
3.- LIMITE PLASTICO		30,55	29,95	27,11	21,13	
		30,46	29,59	25,47	21,12	21,12

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 725,8 (H/S) H

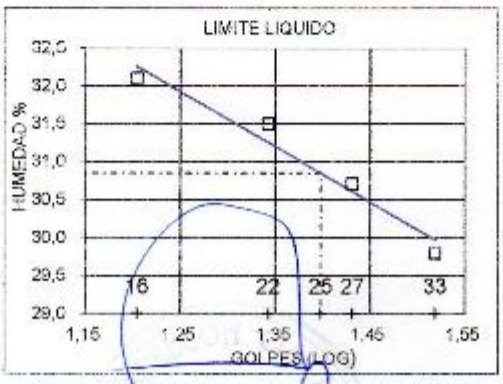
PESO INICIAL DE CALCULO: 618,6

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	143,71	23,2	77
3/4"	89,81	37,7	62
1/2"	13,26	39,9	60
3/8"	15,64	42,4	58
No. 4	26,52	46,7	53
No. 10	35,17	52,4	48
No. 40	101,91	68,9	31
No. 200	79,89	81,8	18

COLOR= CAFÉ

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	47	%
ARENA=	35	%
FINOS=	18	%
LL =	31,00	%
LP =	21,09	%
IP =	10,00	%
CLASIFICACION:		
SUCS =	GC	
AASHTO=	A-2-4	
IG(86)=	0	
IG(45)=	0	



Ing. Ovidio Zamora Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : **ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA VIA SAUCE- SAN ANTONIO KM 4,5 - 9, A NIVEL DE LASTRADO, UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS, PROVINCIA DE LOJA**

OBRA : ESTUDIO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO

UBIC. : CANTÓN PALTAS- PROVINCIA DE LOJA — POZO: M6 — UTM: 9559390;648332

FECHA : ENERO-2018 — OPERADOR: O.V — PROFUND.: 0,40 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1 - CONTENIDO HUMEDAD		100,49	90,74	27,36	15,43	
		101,11	91,42	27,26	15,10	15,27
2 - LIM. LIQUIDO	34	37,30	35,09	27,75	30,11	
	27	32,74	30,91	24,88	30,35	
	22	38,29	35,55	26,76	31,17	
	16	36,24	34,25	28,02	31,94	30,77
3 - LIMITE PLASTICO		32,34	31,58	28,25	22,82	
		31,55	30,59	26,43	23,08	22,95

4 - GRANULOMETRIA

PESO IN= 704,7 (H/S) H

PESO INICIAL DE CALCULO: 611,3

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	118,51	19,4	81
3/4"	65,00	30,0	70
1/2"	47,99	37,9	62
3/8"	28,17	42,5	58
No. 4	32,92	47,9	52
No. 10	50,60	56,1	44
No. 40	96,37	71,9	28
No. 200	56,68	81,2	19

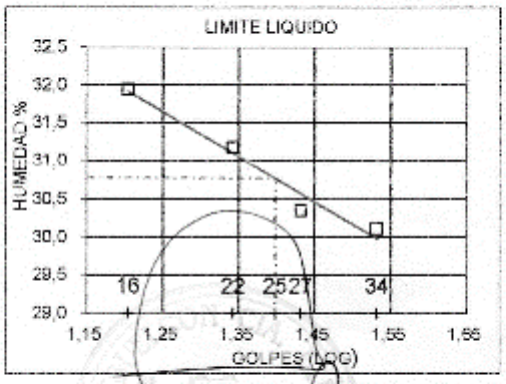
COLOR= CAFÉ

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	48	%
ARENA=	33	%
FINOS=	19	%
LL =	31,00	%
LP =	23,00	%
IP =	8,00	%

CLASIFICACION:

SUCS =	GM
AASHTO=	A-2-4
IG(80)=	0
IG(45)=	0



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ANEXO 7.- Ensayos de Compresión Simple realizados en la vía Sauce - San Antonio Kilómetro 4.5 - 9, a nivel de lastrado, ubicado en el Cantón Paltas, Provincia de Loja.

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCION Y CONSULTORIA

Telefono: [illegible] Cellular: [illegible] Email: [illegible]

ENSAYO DE COMPRESIÓN CÚBICA EN ROCAS

PROY. :

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA VIA SAUCE- SAN ANTONIO KM 4,5-9, A NIVEL DE LASTRADO, UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS, PROVINCIA DE LOJA

OBRA : ESTUDIOS GEOLOGICO GEOTECNICO

UBIC. : PALTAS POZO : M4

FECHA : ENERO-2010 OPERADOR C.C. PROFUND.: 1,00 m.

COORDENADAS: X: 649.374 Y: 9.556.835

	PESO HM.	SECO	DE CAPS	W %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA	295,62	292,21	0,00	1,17	1,17

	PESO AIRE	SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN
2.- PESO ESPECÍFICO	297,20	180,14	293,21	2,505	2,539	2,593	1,36%
PROMEDIO	297,20	180,14	293,21				

	PESO AIRE	SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN

3.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

MUESTRA N°	LARGO cm	ANCHO cm	ALTURA cm	AREA cm²	VOLUMEN cm³	MASA Gr	CARGA Kg	DENSIDAD Kg/cm³	ESFUERZO Kg/cm²
4	3,09	5,01	5,00	25,48	127,18	335,50	11360,00	2,634	445,91
PROMEDIO									445,91

Ing. Ovidio N. Castillo
LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA

Telf-Fax: 2540514. Celular: 0989126051-0995092935 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYO DE COMPRESIÓN CÚBICA EN ROCAS

PROY. : **ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA VIA SAUCE- SAN ANTONIO KM 4,5-9, A NIVEL DE LASTRADO, UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS, PROVINCIA DE LOJA**

OBRA : ESTUDIOS GEOLOGICO GEOTECNICO

UBIC. : PALTAS POZO : M5

FECHA : ENERO-2018 OPERADOR O.C. PROFUND.: 0,60 m.

COORDENADAS: X: 649.265 Y: 9.557.698

	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA	235,46	231,54	0,00	1,69	1,69

	PESO AIRE	SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN
2.- PESO ESPECÍFICO	236,75	142,53	231,54	2,406	2,481	2,601	3,11%
PROMEDIO	236,75	142,53	231,54				

3.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

MUESTRA N°	LARGO cm	ANCHO cm	ALTURA cm	AREA cm²	VOLUMEN cm³	MASA Gr	CARGA Kg	DENSIDAD Kg/cm³	ESFUERZO Kg/cm²
5	4,85	4,85	4,51	22,55	101,71	248,60	5960,00	2,444	264,27
PROMEDIO									**264.27**

Ing. Ovidio W. Castillo
LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: [illegible] Celular: [illegible] Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYO DE COMPRESIÓN CÚBICA EN ROCAS

PROY. :

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA VIA SAUCE- SAN ANTONIO KM 4,5-9, A NIVEL DE LASTRADO, UBICADO EN EL CANTÓN PALTAS, PROVINCIA DE LOJA

OBRA : ESTUDIOS GEOLOGICO GEOTECNICO

UBIC. : PALTAS POZO : M6

FECHA : ENERO-2018 OPERADOR O.C. PROFUND.: 0,40 m.

COORDENADAS: X: 648.332 Y: 9.559.390

	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA	147,54	146,86	0,00	1,02	1,02

	PESO AIRE	SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN
2.- PESO ESPECÍFICO	149,27	86,24	146,05	2,317	2,368	2,442	2,20%
PROMEDIO	149,27	86,24	146,05				

	PESO AIRE	SUMERGIDO	SECO	D. MASIVA	D. S.S.S.	APARENTE	ABSORCIÓN

3.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

MUESTRA N°	LARGO cm	ANCHO cm	ALTURA cm	AREA cm²	VOLUMEN cm³	MASA Gr	CARGA Kg	DENSIDAD Kg/cm³	ESFUERZO Kg/cm²
6	5,08	4,98	4,64	25,27	117,27	258,82	12060,00	2,207	477,18
PROMEDIO									477,18

Ing. Oviedo [illegible] Castillo
LABORATORIO

ANEXO 8.- Líneas SEV en la vía Sauce - San Antonio Kilómetro 4.5 - 9, a nivel de lastrado, ubicado en el Cantón Paltas, Provincia de Loja.

ESTSUELCON CIA. LTDA.

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL
ARREGLO SCHLUMBERGER

Fecha:MARZO 2018

Proyecto: ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA VÍA "SAUCE-SAN ANTONIO" KM 4.5-9.0 A NIVEL DE LASTRADO

Cliente: YOMAIRA STHEFANIA AGILA GUAMÁN

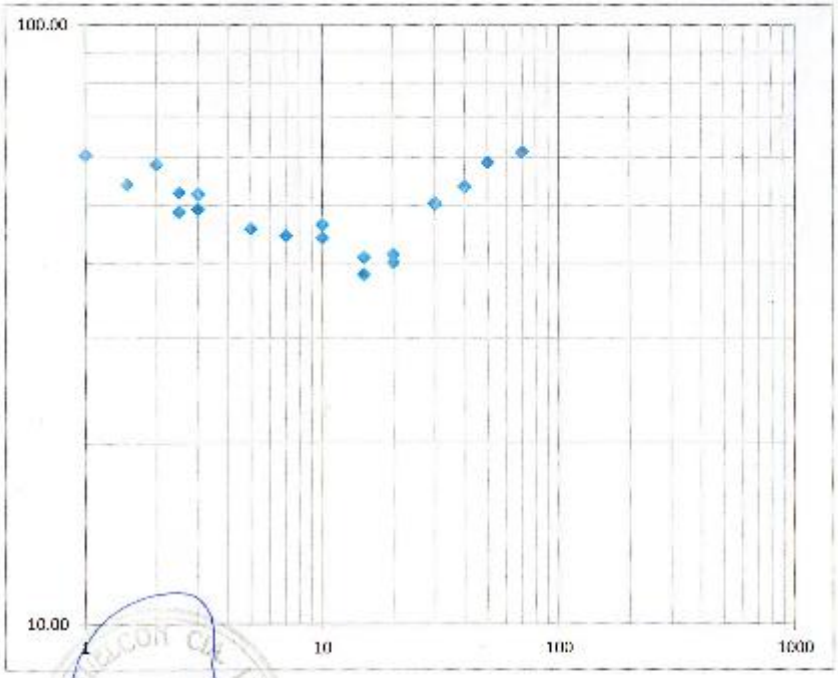
Coordendas: X: 9556843 Y: 649389 Z:1199

Supervisor: ING. MICHAEL VALAREZO Mg.Sc

SEV: SEV-4

Azimut: 87°/264°

AB/2	MN/2	K	Δv/i	ρa
1	0.5	2.36	25.728	60.62
1.5	0.5	6.28	8.6041	54.06
2	0.5	11.78	4.9629	58.47
2.5	0.5	18.85	2.7845	52.49
2.5	1	8.25	5.9092	48.73
3	0.5	27.5	1.897	52.15
3	1	12.6	3.9202	49.26
5	1	37.7	1.2097	45.60
7	1	75.4	0.58943	44.44
10	1	155.5	0.28308	44.02
10	2.5	58.9	0.78715	46.37
15	1	351.9	0.10879	38.28
15	2.5	137.4	0.29778	40.93
20	2.5	247.4	0.16706	41.33
20	10	47.1	0.85219	40.16
30	2.5	561.6	0.089889	50.48
30	10	125.7	0.4001	50.28
40	10	235.6	0.2279	53.70
50	10	377.0	0.15641	58.97
70	10	754.0	0.081304	61.30
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
350	10	19226.5		



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL
ARREGLO SCHLUMBERGER

ESTSUELCON CIA. LTDA.

Fecha: MARZO 2018

Proyecto: ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA VÍA "SAUCE SAN ANTONIO" KM 4.5-9.0 A NIVEL DE LASTRADO

Cliente: YOMAIRA STHEFANIA AGUILA GUAMÁN

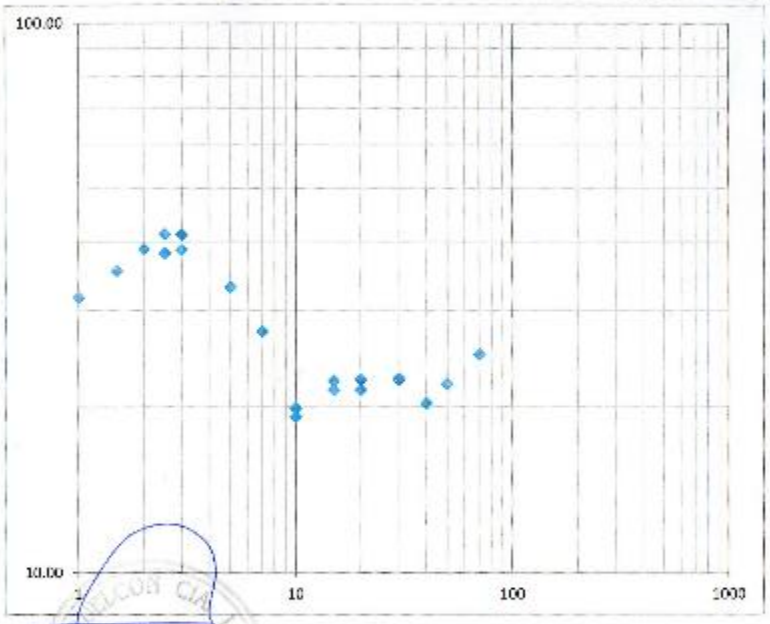
Coordenadas: X: 9558036 Y: 6489789 Z: 1068

Supervisor: ING. MICHAEL VALAREZO Mg.Sc

SEV: SEV-5

Azimut: 264°779°

AB/2	MN/2	K	Δv/i	ρa
1	0.5	2.36	13.446	31.68
1.5	0.5	6.28	5.6394	35.43
2	0.5	11.78	3.2926	38.79
2.5	0.5	18.85	2.1897	41.27
2.5	1	8.25	4.6248	38.14
3	0.5	27.5	1.4978	41.17
3	1	12.6	3.0786	38.69
5	1	37.7	0.87794	33.10
7	1	75.4	0.36395	27.44
10	1	155.5	0.12343	19.19
10	2.5	58.9	0.33783	19.90
15	1	351.9	0.061047	21.48
15	2.5	137.4	0.1624	22.32
20	2.5	247.4	0.090809	22.47
20	10	47.1	0.45661	21.52
30	2.5	561.6	0.040202	22.58
30	10	125.7	0.17865	22.45
40	10	235.6	0.086332	20.34
50	10	377.0	0.058486	22.05
70	10	754.0	0.033085	24.95
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
350	10	19226.5		



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

Fecha:MARZO 2018

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL
ARREGLO SCHLUMBERGER

Proyecto: ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA VÍA "SAUCE-SAN ANTONIO" KM 4.5-9.0 A NIVEL DE LASTRADO

Cliente: YOMAIRA STHEFANIA AGILA GUAMÁN

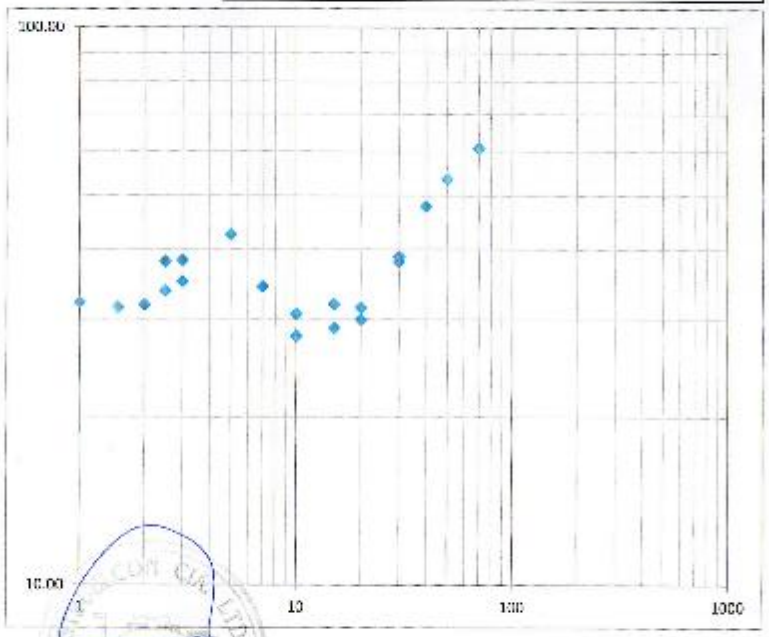
Coordenadas: X: 9559398 Y: 640401 Z:1087

Supervisor: ING. MICHAEL VALAREZO Msc

SEV: SEV-6

Azimut: 86°

AB/2	MN/2	K	Δv/i	ρa
1	0.5	2.36	13.629	32.11
1.5	0.5	6.28	5.0128	31.50
2	0.5	11.78	2.70202	31.83
2.5	0.5	18.85	1.7888	33.72
2.5	1	8.25	4.6139	38.05
3	0.5	27.5	1.2737	35.02
3	1	12.6	3.0431	38.24
5	1	37.7	1.1288	42.55
7	1	75.4	0.45567	34.36
10	1	155.5	0.19731	30.68
10	2.5	58.9	0.47446	27.95
15	1	352.9	0.090756	31.93
15	2.5	137.4	0.2106	28.95
20	2.5	247.4	0.1272	31.47
20	10	47.1	0.63501	29.92
30	2.5	561.6	0.067773	38.05
30	10	125.7	0.30914	38.85
40	10	235.6	0.2031	47.85
50	10	377.0	0.14197	53.52
70	10	754.0	0.08077	60.90
100	10	1555.1		
150	10	3518.6		
200	10	6267.5		
350	10	19226.5		



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com