UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

"CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS NO METÁLICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE CERÁMICAS PLANA EN LOS CANTONES: ESPÍNDOLA, SOZORANGA, CALVAS, QUILANGA, GONZANAMÁ DE LA PROVINCIA DE LOJA, ESCALA 1:50000"

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

AUTOR:

Julio Cesar Torres Pardo

DIRECTOR:

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2020

II. CERTIFICACIÓN:

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, 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 se versa **"CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS NO METÁLICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE CERÁMICAS PLANA EN LOS CANTONES: ESPÍNDOLA, SOZORANGA, CALVAS, QUILANGA, GONZANAMÁ DE LA PROVINCIA DE LOJA, ESCALA 1:50000",** realizado por el señor egresado: Julio Cesar Torres Pardo, previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, se autoriza su presentación para la evaluación y posterior sustentación correspondiente.

Loja, 10 de Enero de 2020

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

III. AUTORÍA

Yo, **JULIO CESAR TORRES PARDO,** declaro ser autor 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:

Cédula: 1105324683

Fecha: 10 de Febrero de 2020.

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

Yo, **JULIO CESAR TORRES PARDO**, declaro ser autor de la tesis titulada: **"CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS NO METÁLICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE CERÁMICAS PLANA EN LOS CANTONES: ESPÍNDOLA, SOZORANGA, CALVAS, QUILANGA, GONZANAMÁ DE LA PROVINCIA DE LOJA, ESCALA 1:50000",** como requisito para optar el grado de: **INGENIERIO 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 los 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 diez días del mes de Febrero del año dos mil veinte.

Firma:

Autor: Julio Cesar Torres Pardo
Cédula: 1105324683
Dirección: Loja (Cdla. Julio Ordoñez)
Correo Electrónico: juliocesartorrespardo@gmail.com
Teléfono: 072687095 **Celular:** 0993707134

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis:	Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.
Tribunal de Grado:	Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho, Mg. Sc.
	Ing. Hernán Luis Castillo García, Mg Sc.
	Ing. Diego Eduardo Jara Delgado, Mg. Sc.

V. DEDICATORIA

Es un gesto sencillo de agradecimiento, dedicarles esta tesis a mis padres por su sacrificio y esfuerzo, por darme una carrera para forjar mi futuro y por creer en mi capacidad, demostrándome que con esfuerzo y honestidad se puede alcanzar el éxito.

De igual manera, dedico este trabajo a mis hermanos Juan Luis, Fernando Darío y Christian Josh, a mis sobrinas Salome y Rafaela, a mis tíos y tías ya que con su apoyo incondicional y sus consejos siempre me han alentado a seguir adelante y a toda mi familia, este nuevo logro es en gran parte gracias a ustedes.

A mis compañeros y amigos que sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos y me apoyaron con un espíritu alentador a seguir adelante y alcanzar este gran sueño.

A todos ustedes gracias.

Julio Cesar Torres

VI. AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por acompañarme todos los días y brindarme el valor y fuerza para concluir esta etapa de mi vida.

Le doy gracias a mi padre, por ayudarme durante todo el camino de mi formación profesional y enseñarme con su ejemplo que el esfuerzo, trabajo y constancia son las bases para alcanzar las metas deseadas.

Agradezco también a mi madre, por su amor incondicional, ya que en el trascurso de mi vida supo corregir mis errores y destacar mis virtudes permitiéndome llegar hasta donde estoy ahora.

A la Universidad Nacional de Loja, por abrirme las puertas hacia esta gran carrera y formarme como profesional para el servicio de la sociedad.

Al Ing. Carlomagno Chamba por toda la colaboración brindada, ya que con su capacidad y conocimiento supo ayudarme con valiosas aportaciones que hicieron posible este proyecto.

A los apreciados Ingenieros que me brindaron su apoyo y fortalecieron mis conocimientos a Julio Romero, Michael Valarezo, Walter Tambo, Alexander Gonzales, Stalin Puglla, Diego Jara, Stalin Paladines y de manera muy especial al Ing. Hernán Castillo, a ellos quienes los llevare en el fondo de mi corazón como grandes maestros y hoy apreciados colegas.

A mi tía Mercy porque gracias a su ayuda y colaboración puede alcanzar mis metas propuestas.

A mis amigos Daniela Loaiza, Alexander Rodríguez, Verito Mingo, Jefferson Armijos y amigos de aula, por su apoyo incondicional en el transcurso de toda la universidad, por acompañarme con sus locuras, alegrías y tristezas, demostrarme que puedo contar con ellos

Finalmente, a toda mi familia y amigos porque con su ayuda hicieron posible este proyecto.

VII. TABLA DE CONTENIDOS.

CERTIFICACIÓN:.....II

AUTORÍA III

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

DEDICATORIA.....V

AGRADECIMIENTO VI

TABLA DE CONTENIDOS. VII

1. TÍTULO 1

2. RESUMEN 2

3. INTRODUCCIÓN. 3

3.1. OBJETIVOS 4

4. REVISIÓN DE LA LITERATURA 5

4.1. Minerales industriales 5

4.2. Distribución de los minerales no metálicos en el ecuador 5

4.3. Geología y yacimientos de minerales no metálicos..... 6

4.4. Distribución de los minerales no metálicos en la región austral del Ecuador. .. 6

4.5. Materias primas para la producción de cerámica..... 6

4.6. Criterios Para La Elección De Las Materias Primas Cerámicas..... 8

4.7. Materiales esenciales en cerámica tradicional según producto..... 9

4.7.1. Clasificación de los productos cerámicos.....9

4.7.2. Cerámica roja (o de color) 10

4.7.3. Cerámica blanca 11

4.8. Reología de las arcillas 12

4.8.1. Mineralogía y reología de las arcillas.....12

4.9. Composición química de las materias primas para producción de cerámica... 14

4.10. Proceso cerámico..... 16

4.11. Análisis Granulométrico. 17

4.12. Límites de Atterberg..... 18

4.13. Límites de Atterberg y su significado en la industria cerámica. 18

4.14. Fluorescencia de rayos x. 22

5. MATERIALES Y MÉTODOS. 23

5.1. Materiales..... 23

5.1.1. Campo:.....23

5.1.2. Gabinete:.....23

5.2. Métodos..... 24

5.2.1. Recopilación bibliográfica.....24

5.2.2. Teledetección.....24

5.2.3. Levantamiento en campo y muestreo. 24

5.2.4. Trabajo de laboratorio. 26

5.2.4.1. Primera Fase:..... 27

5.2.4.2. Segunda fase:..... 38

5.3. Registro de la información..... 39

6. RESULTADOS: 40

6.1. Ubicación. 40

6.2. Acceso:..... 41

6.3. Clima:..... 41

6.4. Hidrografía:..... 41

6.5. Geomorfología:..... 42

6.6. Marco geológico. 43

6.6.1. Geología histórica y evolutiva. 43

6.6.2. Geología estructural. 46

6.6.3. Geología Regional: 47

6.6.4. Litoestratigrafía: 48

6.6.4.1. Unidad Chigüinda (PzLc). 48

6.6.4.2. Unidad Tres Lagunas (TRL). 49

6.6.4.3. Unidad Alao Paute (JAa). 49

6.6.4.4. Unidad Punta De Piedra (KPp). 49

6.6.4.5. Formación Celica (KC). 50

6.6.4.6. Unidad Changaimina (PcCh). 50

6.6.4.7. Unidad La Cruz (PcLc). 51

6.6.4.8. Unidad San Vicente (Pc_{Sv}) 51

6.6.4.9. Unidad Río Guaucu (PcRg). 52

6.6.4.10. Unidad Sacapalca ($E?_{SA}$). 52

6.6.4.11. Unidad Solanda (ESd). 52

6.6.4.12. Unidad El Ingenio (O?Ei). 53

6.6.4.13. Formación Loma Blanca (OM_{Lb}). 53

6.6.4.14. Batolito De Portachuela (MP). 54

6.6.4.15. Unidad Ahuaca (MAh). 54

6.6.4.16. Formación Gonzanamá (MGz). 54

6.6.4.17. Formación Catamayo (MCa). 55

6.6.4.18. Unidad Illaca (MIl). 55

6.6.4.19. Unidad Huayco (MHy). 55

6.6.4.20. Unidad El Fundo (PLF). 55

6.6.4.21. Unidad Culanga (PLCu). 56

6.6.4.22. Unidad El Carmen Del Laurel (PLCl). 56

6.6.4.23. Unidad Quilanga (PLQl). 56

6.6.4.24. Depositos Cuaternarios 56

6.6.4.25. Rocas Intrusivas. 57

6.6.4.26. Rocas Subvolcanicas..... 58

6.6.4.27. Brechas..... 59

6.6.5. Geología local:.....60

6.6.5.1. Arcillas. 60

6.6.5.2. Caolín. 69

6.6.5.3. Feldespatos 69

6.6.5.4. Caliza..... 72

6.6.5.5. Arena Silícea. 73

6.7. Análisis de las muestras:..... 74

6.7.1. Resultados de las Muestras.....74

6.8. Registro de información..... 98

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS:..... 99

7.1. Análisis del diagrama de plasticidad y su clasificación de acuerdo al límite líquido e índice de plasticidad. 99

7.2. Análisis de la composición porcentual de las arcillas para la producción de cerámica plana. 100

8. CONCLUSIONES:..... 104

9. RECOMENDACIONES:..... 107

10. BIBLIOGRAFÍA: 108

11. ANEXOS: 112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química típica de arcillas para la industria cerámica..... 14

Tabla 2 Composición química de arcillas blancas para fabricación de baldosas de pasta blanca..... 15

Tabla 3. Composición química de caolines españoles utilizados para fabricación de baldosas de pasta blanca..... 15

Tabla 4. Análisis químico de los feldespatos en otros países..... 15

Tabla 5 Abertura de las mallas según norma ASTM..... 28

Tabla 6. Características físicas, mecánicas, químicas y de la pasta cerámica de la muestra CL-R-3..... 75

Tabla 7. Características físicas, mecánicas, químicas y de la pasta cerámica de la muestra QL-R-7..... 76

Tabla 8. Características físicas, mecánicas, químicas y de la pasta cerámica de la muestra CL-R-12..... 78

Tabla 9. Características físicas, mecánicas, químicas y de la pasta cerámica de la muestra CL-R-20..... 79

Tabla 10. Características físicas y mecánicas de la muestra CL-R-23..... 81

Tabla 11. Características físicas, mecánicas y químicos de la muestra GN-R-36..... 82

Tabla 12. Características físicas, mecánicas, químicos y de la pasta cerámica de la muestra GN-R-40..... 83

Tabla 13. Características físicas, mecánicas, químicos y de la pasta cerámica de la muestra GN-R-42..... 85

Tabla 14. Características físicas, mecánicas, químicos y de la pasta cerámica de la muestra GN-R-43..... 86

Tabla 15. Características físicas, mecánicas, químicos y de la pasta cerámica de la muestra CL-R-48..... 88

Tabla 16. Características físicas, mecánicas y químicos de la muestra ES-R-76..... 90

Tabla 17. Características físicas, mecánicas, químicos y de la pasta cerámica de la muestra CL-R-82..... 91

Tabla 18. Características físicas, mecánicas, químicos y de la pasta cerámica de la muestra CL-R-89..... 93

Tabla 19. Características físicas, mecánicas, químicas y de la pasta cerámica de la muestra CL-R-109. 95

Tabla 20. Características físicas, mecánicas, químicos y de la pasta cerámica de la muestra GN-R-126. 96

Tabla 21. Composición química de arcillas blancas encontradas en el área de estudio. 102

Tabla 22. Composición química de arcillas rojas encontradas en el área de estudio .. 102

Tabla 23. Composición química de caolines encontrados en el área de estudio 102

Tabla 24. Composición química de Feldespatos encontrados en el área de estudio ... 102

Tabla 25. Clasificación de las cerámicas según su color de quema contracción lineal total y humedad retenida por ignición. 105

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Criterios para la elección de la materia prima cerámica 9

Figura 2. Diagrama ternario de SiO_2/ Al_2O_3/ Fe_2O_3 con el campo composicional de las pastas de mayólica, cottoforte y gres rojo (Vincenzini y Fiori, 1977/2). 11

Figura 3. Fases del proceso cerámico..... 17

Figura 4: Ubicación de la zona de estudio 40

Figura 5. Modelo de elevación territorial de la zona de estudio. 43

Figura 6. Esquema de ubicación del área de estudio con respecto a los dominios litotectónicos del Sur del Ecuador, incluyendo las principales fallas regionales. La mayoría de las estructuras representan límites entre diferentes dominios litotectónicos o regiones geológicas..... 48

Figura 7. Web mapping con los resultados del presente trabajo investigativo. 98

Figura 8. Código Qr del web mapping del trabajo investigativo 98

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Afloramiento arcillas. 61
Fotografía 2. Afloramiento arcillas. 61
Fotografía 3. Afloramiento arcillas. 62
Fotografía 4. Afloramiento Arcillas. 63
Fotografía 5. Afloramiento arcillas. 63
Fotografía 6. Afloramiento arcillas. 64
Fotografía 7. Afloramiento arcillas. 64
Fotografía 8. Afloramiento arcillas. 65
Fotografía 9. Afloramiento arcillas. 66
Fotografía 10. Afloramiento arcillas. 66
Fotografía 11. Afloramiento arcillas. 67
Fotografía 12. Afloramiento arcillas. 68
Fotografía 13. Afloramiento Arcillas. 68
Fotografía 14. Afloramiento Caolín 69
Fotografía 15. Afloramiento Feldespatos. 70
Fotografía 16. Afloramiento Feldespatos. 70
Fotografía 17. Afloramiento Feldespatos. 71
Fotografía 18. Afloramiento Feldespatos. 72
Fotografía 19. Afloramiento Calizas. 73
Fotografía 20. Afloramiento Arena Silícea. 73
Fotografía 21 Bloque cerámico de la muestra CL-R-3 76
Fotografía 22 Bloque cerámico de la muestra QL-R-7 77
Fotografía 23 Bloque cerámico de la muestra CL-R-12 79
Fotografía 24 Bloque cerámico de la muestra CL-R-20 80
Fotografía 25 Bloque cerámico de la muestra GN-R-36 83
Fotografía 26 Bloque cerámico de la muestra GN-R-40 84
Fotografía 27 Bloque cerámico de la muestra GN-R-42 86
Fotografía 28 Bloque cerámico de la muestra GN-R-43 87
Fotografía 29 Bloque cerámico de la muestra CL-R-48 89
Fotografía 30 Bloque cerámico de la muestra ES-R-76 91

Fotografía 31 Bloque cerámico de la muestra CL-R-82 92
Fotografía 32 Bloque cerámico de la muestra CL-R-89 94
Fotografía 33 Bloque cerámico de la muestra CL-R-109 96
Fotografía 34 Bloque cerámico de la muestra GN-R-126..... 97

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1 Diagrama de plasticidad, líneas características. 19
Grafico 2 Diagrama de plasticidad: segmentos más significativos en el estudio de una arcilla. 20
Grafico 3 Diagrama de plasticidad: zonas típicas para algunas arcillas. 22
Grafico 4 Curva de distribución de tamaño de partícula. 29
Grafico 5. Curva de flujo para la determinación del límite líquido de una arcilla. 31
Grafico 6 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-2... 74
Grafico 7 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-3... 75
Grafico 8 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra QL-R-7... 77
Grafico 9 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-12. 78
Grafico 10. Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-20 80
Grafico 11 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-27... 81
Grafico 12 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra GN-R-36 82
Grafico 13 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra GN-R-40 84
Grafico 14 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra GN-R-42 85
Grafico 15 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra GN-R-43 87
Grafico 16 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra GN-R-48 88

Grafico 17 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra ES-R-61 89

Grafico 18 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra ES-R-76 90

Grafico 19 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-82 92

Grafico 20 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-86 93

Grafico 21 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-89. 94

Grafico 22 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-109. 95

Grafico 23 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-126. 97

Grafico 24 Diagrama de plasticidad de las muestras obtenidas en el laboratorio. 99

Grafico 25 Diagrama ternario de $SiO_2/Al_2O_3/Fe_2O_3$, con el campo composicional total de las muestras. 101

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Principales minerales utilizados como materia prima cerámica..... 8

Cuadro 2. Ficha para descripción de afloramientos. 25

Cuadro 3 Ficha para descripción macroscópica de rocas..... 26

Cuadro 4. Codificación de muestras de campo. 27

Cuadro 5 Diagrama de flujo del proceso de muestreo de roca..... 38

1. TÍTULO

“CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS NO METÁLICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE CERÁMICAS PLANA EN LOS CANTONES: ESPÍNDOLA, SOZORANGA, CALVAS, QUILANGA, GONZANAMÁ DE LA PROVINCIA DE LOJA, ESCALA 1:50000”.

2. RESUMEN

El presente trabajo de investigación está referido a la caracterización de materias primas no metálicas para la producción de cerámica plana en los cantones, Espíndola, Sozoranga, Calvas, Quilanga, Gonzanamá de la provincia de Loja, escala 1:50000, para lo cual se realizó la recopilación de información preexistente de áreas mineras proporcionada por Arcom.

Los estudios realizados en dichos cantones aportaran a obtener información geológica favorable, enfatizando análisis estructural, petrográfico y mineralógico, a más de ensayos de laboratorio para determinar la calidad de los materiales y así establecer zonas de interés de materias primas no metálicas que sean económicamente rentables para su explotación y tratamiento.

Además, se contribuirá a la actualización de una base de datos de todos los materiales no metálicos que se presenten en la zona de estudio.

Palabras clave: caracterización, materias primas no metálicas, producción, cerámica plana, información geológica, calidad, zonas de interés, económicamente rentables.

ABSTRACT.

He present research work refers to the characterization of non-metallic raw materials for the production of flat ceramics in the cantons, Espíndola, Sozoranga, Calvas, Quilanga, Gonzanamá of the province of Loja, scale 1: 50000, for which purpose the collection of pre-existing information from mining areas provided by Arcom.

The studies carried out in these cantons will contribute to obtaining favorable geological information, emphasizing structural, petrographic and mineralogical analysis, plus laboratory tests to determine the quality of the materials and thus establish areas of interest for non-metallic raw materials that are economically profitable for its exploitation and treatment.

In addition, a database of all non-metallic materials that appear in the study area will be updated.

Keywords: characterization, non-metallic raw materials, production, flat ceramics, geological information, quality, areas of interest, economically profitable.

3. INTRODUCCIÓN.

Durante finales de la década de los ochenta y en los noventa, se realizaron en el Ecuador algunos esfuerzos para la obtención de estadísticas e inventarios relativos a la disponibilidad de minerales No metálicos, entre los que destacan el trabajo realizado por el extinto INEMIN, actual IIGE (Instituto de Investigación Geológico y Energético). No obstante, la falta para la época de sistemas automatizados de almacenamiento, distribución y divulgación de la información, contribuyó al hecho de que los inventarios recopilados sólo se encuentren disponible en físico (papel) en el Centro de Documentación del INEGEMM, lo que dificulta el acceso a todos los interesados, y lo más importante a la socialización de la información dentro del sector cerámico del Ecuador. (Uribe, 2015).

La provincia de Loja, ubicada en la Región Sur del país presenta características geológico mineras favorables para la exploración, explotación y beneficio de minerales metálicos y no metálicos; en la provincia de Loja se explota una gran cantidad de materiales para la construcción por parte de instituciones públicas y empresas constructoras privadas, como arcilla para ladrilleras, arenas, gravas y rocas masivas para el mercado local (S. Brito, 1990). La falta de una actualización continua de la información geológica minera no metálica ha ocasionado un limitado florecimiento de industrias mineras, especialmente no metálicas, que ayudarían a impulsar el desarrollo económico y social de la población y de sus comunidades.

Por lo tanto, el trabajo de caracterización de las materias primas no metálicas en los cantones Quilanga, Espíndola, Calvas, Sozoranga, Gonzanamá servirá como base para proyectos de industrialización a mediana y gran escala para las empresas públicas y privadas para que realicen la explotación de dichos minerales de una manera técnica y ambientalmente sostenible generando fuentes de empleo y contribuyendo al desarrollo económico del país.

3.1. OBJETIVOS

Objetivo General

Caracterizar las materias primas no metálicos para la producción de cerámica plana en los cantones Quilanga, Espíndola, Calvas, Sozoranga, Gonzanamá de la provincia de Loja, escala 1:50000.

Objetivos Específicos

- Identificar geológicamente las materias primas no metálicos en los cantones: Quilanga, Espíndola, Calvas, Sozoranga, Gonzanamá.
- Caracterizar las propiedades físicas, mineralógicas e industriales de las materias primas no metálicas de los prospectos más representativos para su aplicación en la industria cerámica plana.
- Obtener una base de datos de las materias primas no metálicas en los cantones: Quilanga, Espíndola, Calvas, Sozoranga, Gonzanamá de la provincia de Loja.

4. REVISIÓN DE LA LITERATURA

4.1. Minerales industriales

Los minerales industriales constituyen uno de los grandes sectores en que se suele clasificar la actividad minera, junto con los minerales metálicos, rocas ornamentales, áridos y sustancias energéticas. Son además la materia prima utilizada por multitud de industrias y la base de innumerables productos de consumo cotidiano

Los minerales industriales son aquellos que, en función de sus características físicas principalmente, se utilizan en la fabricación de productos, ya sea directamente o con un tratamiento previo. Conviene aclarar además que no son minerales de los que se extraigan metales como único fin, ni se aprovechan en función de su contenido energético, ni tienen normalmente valor estético u ornamental, ni son áridos que se utilicen en la construcción o en la obra pública. (JUNTA DE CASTILLA Y LEON, 2007).

4.2. Distribución de los minerales no metálicos en el ecuador

El Ecuador dispone de variados recursos de RMI o minerales no metalíferos, siendo los más importantes la caliza, mármol, arcillas, yeso, piedra pómez, baritina y la bentonita.

La explotación de caliza y puzolana para la industria del cemento constituye el rubro más importante de la producción minera no metálica. La versión actualizada del Mapa de ocurrencias de minerales no metálicos del Ecuador a escala 1:1 000 000 (INIGEMM, 2011), presenta cerca de 300 indicaciones entre yacimientos, depósitos, prospectos e indicios de minerales no metalíferos o RMI y campos de yacimientos de hidrocarburos.

La distribución de los principales yacimientos de RMI por su volumen e importancia se concentra principalmente en las regiones Costanera y Austral, en tanto que la región Interandina cuenta con recursos de aguas minerales, termales y naturales de montaña.

En la región Austral, existe un importante desarrollo de la industria cerámica, abrasivos (arcillas, feldespato), vidrio plano derivados, refractarios (arcillas), rocas

ornamentales, materiales de construcción (cemento, cal, arenas, cantos rodados, agregados pétreos, agregados livianos). (ESPOL, 2016)

4.3. Geología y yacimientos de minerales no metálicos

Un yacimiento, definido de forma simple, es un cuerpo geológico constituido por una mineralización cuya explotación es económicamente rentable. Hay por tanto dos aspectos a considerar: la geología y la economía. En la provincia de Loja se presentan formaciones o unidades o conjuntos de rocas y sedimentos de muy variada naturaleza.

Algunas de estas unidades concentran buena parte de los yacimientos conocidos de determinadas sustancias. Por ejemplo, la mayoría de las explotaciones de arcilla roja para cerámica estructural hay en el sector de San Cayetano, se localizan en la unidad geológica conocida como San Cayetano, con amplios afloramientos en las cuencas terciarias de Loja, Malacatos y Vilcabamba.

En ciertos casos se explotan en un mismo yacimiento varios minerales, ya sean como sustancia principal o como subproductos: arcillas y arenas, arenas silíceas y arenas feldespáticas, o caolín, arena y mica, por ejemplo. Estas sustancias se suelen separar en instalaciones a pie de cantera. (Uribe, 2015)

4.4. Distribución de los minerales no metálicos en la región austral del Ecuador.

Según (Paladines & Soto, 2010)En la región Austral existen en gran cantidad y calidad minerales para producir diferentes tipos de cerámica, vidrio plano y sus derivados, diferentes tipos de cemento, zeolitas, aguas termales, minerales y de montaña, rocas ornamentales, materiales de construcción y metales oro, plata, cobre, plomo y zinc.

4.5. Materias primas para la producción de cerámica.

Según (Galán & Aparicio, 2000), las materias primas cerámicas son los materiales de partida con los que se fabrica el producto cerámico. Los productos cerámicos clásicos, que constituyen la "cerámica tradicional", están preparados con materias primas naturales, que de acuerdo con su función pueden ser plásticas o no plásticas. Las primeras son esencialmente arcillas. Las no plásticas pueden tener una función de "desgrasantes" (materiales que reducen la plasticidad permitiendo una mejor trabajabilidad y facilitando

el secado), o son elementos "fundentes" (que facilitan una cocción a menor temperatura e introducen los elementos necesarios para la formación de nuevas fases). Son cerámicas tradicionales la cerámica estructural (ladrillos, tejas, bovedillas, termoarcilla, clinkers y otros), la loza, la porcelana de mesa y artística, la cerámica sanitaria, los pavimentos y revestimientos, los esmaltes y fritas, y los refractarios.

La arcilla es una roca sedimentaria formada por partículas muy finas (>50% es <2um), que mezclada con agua es plástica, que endurece con el secado y calor, y que contiene filosilicatos y otros minerales que le imparte las mismas propiedades (minerales de la arcilla). Las arcillas tienen otros minerales diferentes de los anteriores, que se denominan minerales asociados (cuarzo, feldespatos, calcita, pirita) y ciertas fases asociadas no cristalinas, que pueden o no impartir plasticidad, y la materia orgánica (Guggenheim & Martín, 1995). Cuando el porcentaje en carbonato es superior al 25% se denominan arcillas margosas, que pueden llegar a margas (-50% carbonatos), y que también son materias primas cerámicas. Asimismo las arcillas compactadas, diagenetizadas (pizarras) pueden ser materias primas. El origen de las arcillas puede ser marino, lacustre o continental, de cualquier edad, si bien las principales materias primas se encuentran en los terrenos terciarios y cuaternarios, que no han sufrido metamorfismo y conservan mejor sus propiedades plásticas.

Las materias primas no plásticas reducen la plasticidad y facilitan la defloculación, mejoran la permeabilidad y empaquetamiento de la pasta, y aportan óxidos para la formación de fases líquidas y cristalinas o son inertes. Los principales minerales no plásticos son: feldespatos (y feldespatoides) que son fundentes; cuarzo y arenas silíceas que actúan como inertes; calcita y dolomita, que pueden ser reactivos y también fundentes; y los óxidos de Fe y otros elementos (Cu, Co, Mn, Ti.) que suelen actuar como pigmentos, y en ciertos casos como fundentes.

Según (Pinto, 2011) Las arcillas en particular, han constituido y constituyen la base de la industria cerámica, otros minerales utilizados son los feldespatos, cuarzo, carbonatos de calcio y magnesio, etc. En la siguiente tabla indican las materias primas minerales más importantes:

Industria	Productos más importantes	Materias primas minerales más importantes	Productos químicos más importantes
Cerámica roja	Ladrillos Bloques tejas	Arcillas	
Cerámica blanca	Vajilla, sanitarios, porcelana eléctrica	Caolín, feldespato, cuarzo, esteatitas	Fritas, pigmentos para esmaltes
Revestimientos	Pisos, azulejos	Arcillas, feldespatos, cuarzo	Fritas, pigmentos, esmaltes.
Refractarios	Ladrillos de diversa composición, crisoles, hormigones	Arcillas refractarias, magnesitas, cromitas sillimanitas, cuarzo	Carburo de silicio, alúmina calcinada, tabular

Cuadro 1 Principales minerales utilizados como materia prima cerámica
Fuente: (Pinto, 2011).

4.6. Criterios Para La Elección De Las Materias Primas Cerámicas

La elección de una materia prima depende en esencia de:

a) el producto que se desea, y
b) su disponibilidad.

La materia prima condiciona las características de la pasta y mediante el proceso de fabricación elegido se obtiene un producto con unas propiedades determinadas, que permitirán usos demandados por el mercado. Por tanto, si se parte de las características y usos del producto cerámico, la elección de las materias primas estará muy condicionada. Sólo la disponibilidad, que se traduce al final en calidad y precio, podrá hacer factible la fabricación del producto cerámico. Para materiales estructurales apenas existen limitaciones. La composición admitida es muy amplia y la disponibilidad también (Galán & Aparicio, 2000).

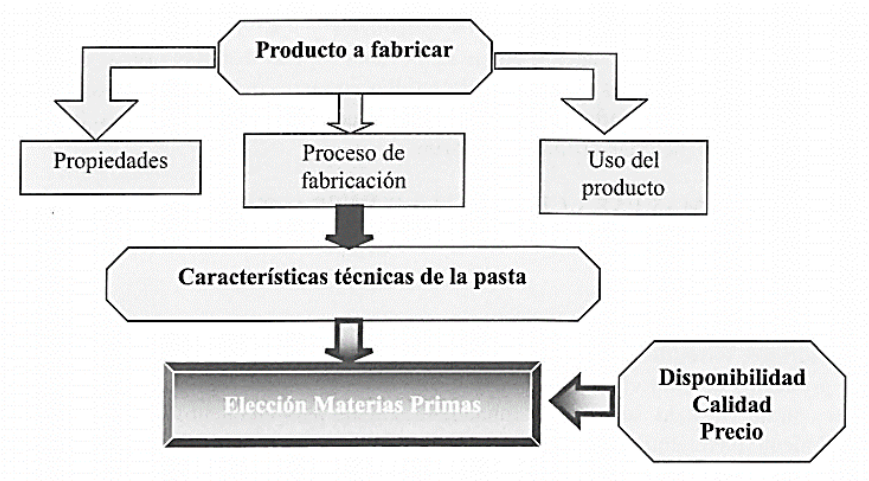


Figura 1. Criterios para la elección de la materia prima cerámica
Fuente: (Galán & Aparicio, 2000).

4.7. Materiales esenciales en cerámica tradicional según producto

4.7.1. Clasificación de los productos cerámicos

Según (Galán & Aparicio, 2000), los productos cerámicos tradicionales se pueden clasificar por la temperatura de cocción y/o por la coloración final. Según el color de cocción los productos pueden ser coloreados o blancos, y se pueden clasificar según el rango de temperatura de cocción de la siguiente forma:

- Productos de color: Cerámica estructural

  Temperatura: 850° -1100°C
- Productos de cocción blanca

  Temperatura: 1100°-1250°C
- Productos refractarios

  Temperatura >1450°C

Las arcillas empleadas para obtener cada uno de los productos anteriores son, respectivamente, arcillas de color (normalmente arcillas rojas), arcillas blancas (arcillas caoliniferas) y arcillas refractarias (arcillas refractarias y otras materias primas, según el tipo de refractario).

Otra clasificación (Enrrique & Amorós, 1985) de los productos cerámicos tradicionales puede basarse en la porosidad, así se tienen:

a) Productos porosos, con un 10-20% de absorción de agua.
b) Productos no porosos (vitrificados o gresificados) con una absorción de agua inferior al 10%.

En cada grupo se pueden distinguir los esmaltados y los no esmaltados, y para cada caso, el color de la pasta (blanca o coloreada). Las materias primas apropiadas para cada tipo de producto son de nuevo las arcillas comunes más o menos coloreadas (en función de la cantidad de carbonatos y de óxidos de hierro), las arcillas blancas, las arcillas refractarias y otras materias primas refractarias.

4.7.2. Cerámica roja (o de color)

Los productos cerámicos coloreados, mayoritariamente rojos, son materiales de construcción (ladrillos, bovedillas, viguetas, pavimentos, tubos y otras piezas de conducción, tejas) y productos de alfarería. Cuando algunos de estos productos son acabados superficialmente con un vidriado, se emplean fundamentalmente para elementos decorativos y para revestimiento/pavimento (azulejos, gres cerámico y otros elementos de decoración).

Las materias primas usadas son arcillas comunes, margas y pizarras. Desde el punto de vista industrial el material arcilloso es una masa normalmente coloreada con plasticidad suficiente para ser moldeada y con una temperatura de vitrificación inferior a los ll00°C. Estas arcillas son de amplia distribución geográfica, gran variedad composicional bajo y coste. Para que un depósito se explote debe reunir las siguientes características: facilidad de explotación, accesibilidad, grandes reservas y cercanía al mercado potencial.

Las arcillas comunes son materiales de composición mixta, con predominio de minerales de la arcilla tales como esmectitas, illitas y cloritas, junto a cuarzo y carbonatos. En cantidades menores se encuentran caolinita, feldespatos y óxidos de hierro.

En función del sector pueden demandarse preferentemente ciertas composiciones, así:

a) Para alfarería: bajo contenido en alúmina (16-23%) y alta proporción de hierro.
    a. Pobres en carbonato cálcico (0-15%) y ricas en óxidos de hierro (3,5-16%). Color de cocción rojo. Temperatura de cocción: 960° -1040°C

b. Ricas en carbonato cálcico (>25%)

Color de cocción blanco o amarillento. Temperatura de cocción: 1000° -1100°C. Azulejos

b) Para materiales estructurales: Composición química variada, con altos contenidos en sílice e hierro total. Temperatura de cocción: 8500 -1100°C.

c) Para granulares y gres: Arcillas y pizarras ricas en illita y caolinita, con cuarzo y feldespatos. Temperatura de cocción: 950°-11 00°C.

Las arcillas empleadas en alfarería y materiales estructurales son arcillas comunes, mientras que las usadas para obtener gres se consideran arcillas intermedias, debido a que cuecen a una mayor temperatura (Galán & Aparicio, 2000).

A continuación, se puede observar un buen ejemplo de este comportamiento, donde, en forma de diagramas ternarios, se representan las áreas composicionales de las tipologías de producto como la mayólica (revestimiento de baja contracción), piezas de pasta roja de tipo "cottoforte" o baldosa cocida fuerte (comportamiento intermedio, por la alta absorción de agua) y gres (alta contracción y baja absorción de agua), (SACMI: Asociación Española de Técnicos Cerámicos, 2004) (figura 2).

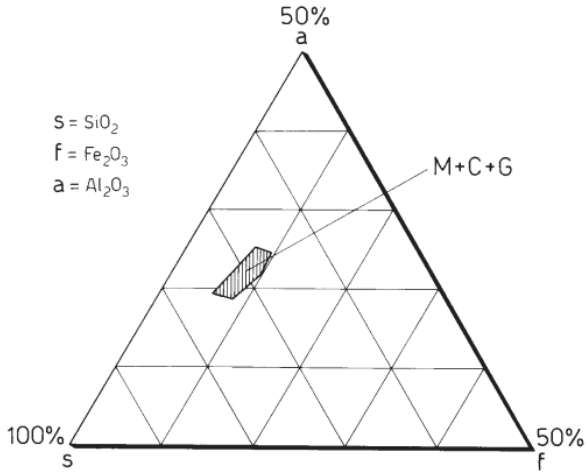


Figura 2. Diagrama ternario de SiO_2/ Al_2O_3/ Fe_2O_3 con el campo composicional de las pastas de mayólica, cottoforte y gres rojo (Vincenzini y Fiori, 1977/2).
Fuente: (SACMI: Asociación Española de Técnicos Cerámicos, 2004)

4.7.3. Cerámica blanca

La base de la cerámica blanca son las arcillas caoliníferas y los caolines. Las primeras son de origen sedimentario o residual y contienen más del 50% de minerales del caolín. Son en sentido amplio caolines, pero su alto porcentaje de fracción <2um les da

el carácter de arcilla y no pueden ser enriquecidos en caolinita, como los demás caolines, por métodos tradicionales separando las fracciones gruesas, porque apenas contienen arena.

4.8. Reología de las arcillas

Según (SACMI: Asociación Española de Técnicos Cerámicos, 2004), generalmente, las barbotinas de arcilla presentan un comportamiento reológico que las caracteriza como sistemas no newtonianos, en particular resultan clasificable entre los fluidos plásticos y pseudoplásticos de tipo tixotrópico. Cabe señalar que la misma arcilla puede presentar un comportamiento tanto plástico como pseudoplástico, en función del porcentaje de sólidos en la barbotina, como se verá más claramente a continuación.

Estas características reológicas pueden ser positivas o negativas, en función de las aplicaciones industriales. Para el sector cerámico, la presencia de la tixotropía y los límites de fluencia relacionados con el comportamiento plástico normalmente son in deseables.

Sin embargo, hace falta señalar que dado el ciclo tecnológico de la producción de las barbotinas de arcilla, los efectos suelen ser poco pronunciados, salvo para el tamizado y cuando la barbotina permanece en las balsas de almacenamiento durante tiempos muy largos.

En particular podemos afirmar que son de primaria importancia todas las magnitudes que influyen directamente en el potencial zeta y, especialmente, el intercambio catiónico, el área de la superficie de contacto entre sólido y líquido (que depende de la granulometría de la arcilla), la presencia de sales solubles en la arcilla, en particular de los sulfatos, y las sales de calcio.

4.8.1. Mineralogía y reología de las arcillas

De acuerdo con (SACMI: Asociación Española de Técnicos Cerámicos, 2004), los minerales arcillosos más comunes presentes dentro de las arcillas utilizadas habitualmente en el sector cerámico son, como hemos visto: caolín, illita, esmectitas (montmorillonita, nontronita) y cloritas.

Las características reológicas de una arcilla individual son por lo tanto el resultado del tipo y la proporción de los minerales arcillosos presentes, incluso cuando no existe una completa aditividad entre las características reológicas de los minerales individuales

con el porcentaje de su presencia en una arcilla. Esto se debe a la presencia ya señalada de los minerales accesorios que pueden desempeñar un papel muy activo en la definición de las características reológicas de una arcilla.

Pasamos ahora a describir brevemente las características reológicas de los minerales arcillosos indicados anteriormente, señalando que las consideraciones presentadas a continuación se refieren a los minerales puros, mientras en lo que se refiere a las arcillas de uso industrial.

- **Caolín:** su estructura mineralógica no permite la presencia de agua interlaminar; esto va acompañado de la ausencia de capacidad de intercambio de cationes. En general, se observa la ausencia de sales solubles, siendo los caolines normalmente muy puros. Estos factores tienen como consecuencia que normalmente el caolín no manifiesta un comportamiento reológico de tipo plástico; por tanto, no se observan límites defluencia a no ser que se trate de condiciones reológicas particularmente desfavorables
- **Illitas:** por cuanto se refiere a las illitas, las observaciones pertinentes se pueden realizar solo sobre sistemas arcillosos que contienen porcentajes más o menos elevados de estos minerales, ya que no existen illitas con un grado de pureza comparable al de los caolines.

  Este hecho, considerando la no aditividad de las características reológicas con el porcentaje de los minerales presentes, junto con la dificultad de determinar con exactitud el porcentaje de los mismos, da un idea de los problemas relativos a una correcta interpretación de las características reológicas de una arcilla illítica.
- **Montmorillonita:** desde el punto de vista reológico, este mineral es indudablemente aquel que presenta las características más negativas, al menos por lo que se refiere a las barbotinas de arcilla para el uso cerámico. En efecto, en otros sectores, como por ejemplo en el campo de los barros para la perforación, la montmorillonita se emplea precisamente por sus características reológicas. Las características principales de la montmorillonita son la elevada tixotropía y la presencia de un límite de fluencia particularmente pronunciado; a esto corresponde un comportamiento plástico de la barbotina. La viscosidad plástica y la aparente son ambas altas, incluso con porcentajes de sólido no elevados.

- **Cloritas:** en comparación con los minerales descritos anteriormente, es extremadamente difícil definir las características reológicas de una clorita. Esto se debe al hecho que incluso siendo la clorita uno de los minerales arcillosos más comunes, dada su génesis, la hallamos siempre acompañada de illita o esmectita. Es muy difícil discriminar entre el comportamiento reológico de estos minerales y la clorita. Se puede afirmar por consiguiente solo que, dada la estructura y las simbiosis mineralógicas, la presencia de la clorita en una arcilla conduce generalmente a una disminución de las características reológicas con la aparición de la tixotropía y la presencia de un límite de fluencia.

Como conclusión de este breve y parcial análisis de las características reológicas de las arcillas, cabe destacar que únicamente el ensayo de laboratorio puede conducir a un conocimiento preciso del comportamiento reológico de una arcilla.

4.9. Composición química de las materias primas para producción de cerámica.

Un trabajo realizado de (AICE-ITC: Instituto Tecnológico de Cerámica, 2019), analiza diferentes tipos de arcillas que se encuentras en distintos lugares de España e identifican una composición química de arcillas comunes para la producción de cerámica roja dichas composiciones son:

Tabla 1. Composición química típica de arcillas para la industria cerámica.

	Moró	Villar	Galve	Chulilla	Mas Vell	Araya
SiO_2	63	62	61	57	47	33
Al_2O_3	17	18	19	16	12	13
Fe_2O_3	6.7	6.3	6.4	5.6	3.7	4.5
CaO	1.3	1.5	1.4	4.0	15.2	21.8
MgO	1.5	1.3	1.3	3.6	2.1	1.8
K_2O	3.0	4.0	3.7	4.0	3.1	2.9
P.P.C.	5.8	5.7	6.1	9.1	16.0	21.4

Fuente: (AICE-ITC: Instituto Tecnológico de Cerámica, 2019)

Conjuntamente se identifica la composición química de arcillas blancas óptimas para la producción de cerámica, teniendo las siguientes composiciones con un índice de plasticidad requerido:

Tabla 2 Composición química de arcillas blancas para fabricación de baldosas de pasta blanca.

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	C	P.P.C.
65.5	23.0	0.9	1.0	0.4	0.6	0.3	2.0	0.1	6.4
54.0	31.0	0.8	1.2	0.4	0.7	0.5	2.5	0.1	8.8
Índice de plasticidad (Atteberg) = 34-41									

Fuente: (AICE-ITC: Instituto Tecnológico de Cerámica, 2019)

Así mismo identifica una composición típica para caolines, los cuales mantienen una proporción elevada de minerales tipo caolinita; estos sirven especialmente para la fabricación de baldosas de pasta blanca:

Tabla 3. Composición química de caolines españoles utilizados para fabricación de baldosas de pasta blanca.

Procedencia	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	P.P.C.
Higueruelas Villar	66.2	24.4	0.26	0.22	0.10	0.15	0.09	0.96	7.0
La Yesa	52.9	33.5	0.43	0.12	0.10	0.17	0.39	0.55	11.5
Teórico	46.5	39.5	--	--	--	--	--	--	14.0

Fuente: (AICE-ITC: Instituto Tecnológico de Cerámica, 2019)

Según (Osama, Khalid , & Jamal, 2011), en su publicación "Exploración, evaluación y oportunidades de inversión de Depósitos de mineral de feldespato en Jordania", se identifica la composición química promedio de algunos feldespatos de diversos países donde comparó los resultados de los feldespatos de Jordania con los de otros países; por ejemplo en Noruega, Japón y Turquía.

Tabla 4. Análisis químico de los feldespatos en otros países

Oxides %	Turkey	Norway	Japan	Jordan (Average)
MgO	1.10	0.0	0.8	0.36
Na_2O	3.19	4.3	3.39	4.28
K_2O	4.49	4.6	4.05	5.08
SiO_2	66.03	75.30	77.14	70.70
CaO	1.98	0.9	0.5	1.47
Al_2O_3	16.83	14.90	14.12	14.67

Fuente: (Osama, Khalid , & Jamal, 2011)

4.10. Proceso cerámico

Las propiedades cerámicas más importantes a tomar en consideración al momento de elegir la materia prima es que debe ser plástica y de fácil moldeo, con alta resistencia mecánica en crudo y en cocido, vitrifique fácilmente en un amplio margen de temperatura, no presente viscosidad y facilidad para desmoldear

El proceso cerámico consta de cinco etapas (Figura 3):

1.1 la selección y preparación de las materias primas,
1.2 la preparación del cuerpo cerámico, que consiste en la preparación de la mezcla, homogenización y amasado,
1.3 el moldeado, que puede hacerse por varios procedimientos,
1.4 el secado, y
1.5 la cocción.

Como resultado de todo ello se obtiene el producto cerámico, que deberá pasar controles de calidad. Todas las etapas son importantes, pero es sin duda la etapa de la cocción es la más crítica e interesante, tanto desde un punto de vista básico, por cuanto supone un conjunto de reacciones del mayor interés científico, como aplicado porque en esta etapa se consigue realmente el producto cerámico final.

El proceso de cocción se realiza a temperaturas superiores a los 900°C, cuando la mayoría de los minerales comunes que entran a formar parte de la pasta son inestables. A estas temperaturas unos minerales se transforman en polimorfos de alta y otros funden parcial o totalmente y se producen reacciones entre los distintos fundidos o reaccionan con los más resistentes, y se neoforman fases estables ante las nuevas condiciones termodinámicas. Con el enfriamiento, más o menos rápido, se produce en general una congelación del equilibrio alcanzado a alta temperatura y coexisten antiguos minerales, que soportan la elevación de la temperatura, junto con otros neoformados (ahora metaestables) y fases vítreas que no llegan a cristalizar. Este proceso de sinterización es el que proporciona realmente el producto cerámico duro y resistente. (Galán & Aparicio, 2000)

Figura 3. Fases del proceso cerámico
Fuente: (Galán & Aparicio, 2000)

4.11. Análisis Granulométrico.

Para (UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA "JOSE SIMEON CAÑAS", UCA, 2007), Por granulometría o análisis granulométrico de un agregado se entenderá todo procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas del agregado según tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total. Para separar por tamaños se utilizan las mallas de diferentes aberturas, las cuales proporcionan el tamaño máximo de agregado en cada una de ellas. En la práctica los pesos de cada tamaño se expresan como porcentajes retenidos en cada malla con respecto al total de la muestra. Estos porcentajes retenidos se calculan tanto parciales como acumulados, en cada malla, ya que con estos últimos se procede a trazar la gráfica de valores de material (granulometría).

4.12. Límites de Atterberg.

Según (P. Sembenelli, 1966) Los límites de Atterberg están directamente relacionados con la cantidad de agua que contiene un material y es capaz de absorber; en otras palabras, con el tanto por ciento de partículas con dimensiones coloidales presentes en el material y su tendencia a comportarse como verdadero coloide. Está claro que debe existir una relación estrecha entre los límites y las características físicas y tecnológicas de un determinado material.

Si se considera una pasta de agua y arcilla, que se seca y endurece progresivamente pasando del estado flúido o líquido al estado plástico y, finalmente, al eslado sólido, es fácil intuir que existen puntos de paso de un estado al otro; esto es, límites de cada estado. Estos puntos son los límites definidos por Atterberg, y de los cuales los más interesantes son: el límite líquido, el límite plástico y el límite de retracción.

- **Límite líquido:** Es el punto de paso del estado líquido al estado plástico, y se mide por la cantidad de agua que contiene un material en el momento que pierde la fluidez y la capacidad de escurrir como un líquido denso.
- **Límite plástico:** Es el punto de paso del estado plástico al estado de semisólido, y se mide por la cantidad de agua que contiene un material en el momento que pierde la plasticidad y que no puede ser modelado.
- **Límite de retracción:** Es el punto de paso del estado semisólido al estado sólido, y se mide por la cantidad de agua que contiene un material en el momento que cesa la disminución de volumen que acompaña al secado.

4.13. Límites de Atterberg y su significado en la industria cerámica.

Según (P. Sembenelli, 1966), el diagrama de plasticidad puesto en uso por A. Casagrande es de gran utilidad para representar e interpretar el significado de los límites de Atterberg. En el diagrama de plasticidad (gráfico 1) se llevan: en abscisas, los valores del límite líquido; y en ordenadas, los valores del índice de plasticidad, diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, es decir, $Pi = L_L - P_L$.

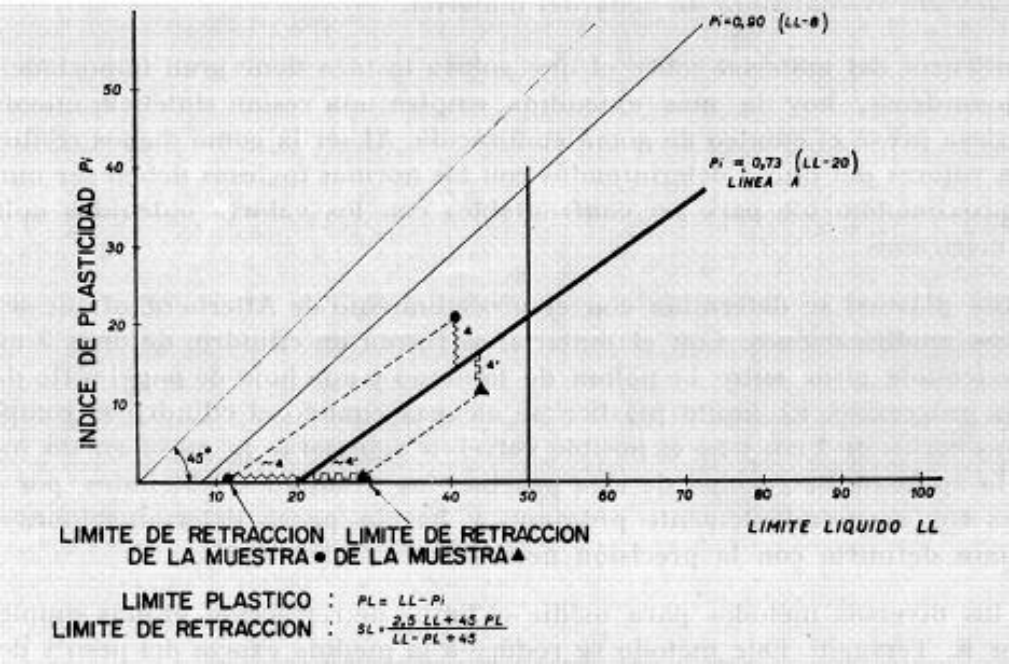


Grafico 1 Diagrama de plasticidad, líneas características.
Fuente: (P. Sembenelli, 1966).

En el diagrama comparecen varios elementos y tienen un significado preciso.

La recta a 45° es el límite entre puntos reales y puntos imaginarios: todos los puntos representativos de un material real deben caer necesariamente por debajo de ella.

La recta de la ecuación Pi=0,90 (LL-8) indica el límite superior de los puntos encontrados experimentalmente hasta ahora: todos los materiales que se encuentran comúnmente se representan por puntos que caen entre esta recta y el eje de las abscisas.

La recta de la ecuación Pi =0,73 (LL-20) o línea A es una línea empírica importante que divide las arcillas inorgánicas típicas de los materiales que contienen coloides orgánicos. Estos últimos están en general representados por puntos que caen por debajo de la línea A.

La recta vertical en correspondencia con LL=50 es una línea convencional de separación entre arcillas de alta plasticidad, a la derecha, y arcillas de plasticidad media y baja, a la izquierda.

Finalmente, del diagrama de plasticidad se puede determinar gráficamente el valor aproximado del límite de retracción, trazando, desde el punto en examen, la paralela a la línea A, o bien obteniendo, en horizontal, desde el punto de intersección entre la línea A y el eje de las abscisas, los segmentos a o a', según los casos.

La posición de un punto en el diagrama tiene un significado bien preciso, como ilustra el gráfico 2.

La longitud del segmento a representa el contenido de agua que el material considerado debe tener para alcanzar una determinada consistencia o una resistencia de alrededor de 0,03 kg/cm2; en otros términos, un cierto grado de trabajabilidad. Cuanto más largo es el segmento a, tanto mayor es la cantidad de agua que requiere el material para conseguir dicha trabajabilidad y el segmento es, por otra parte, proporcional a la cantidad de agua que debe eliminarse del material elaborado, durante las fases de secado y cocción.

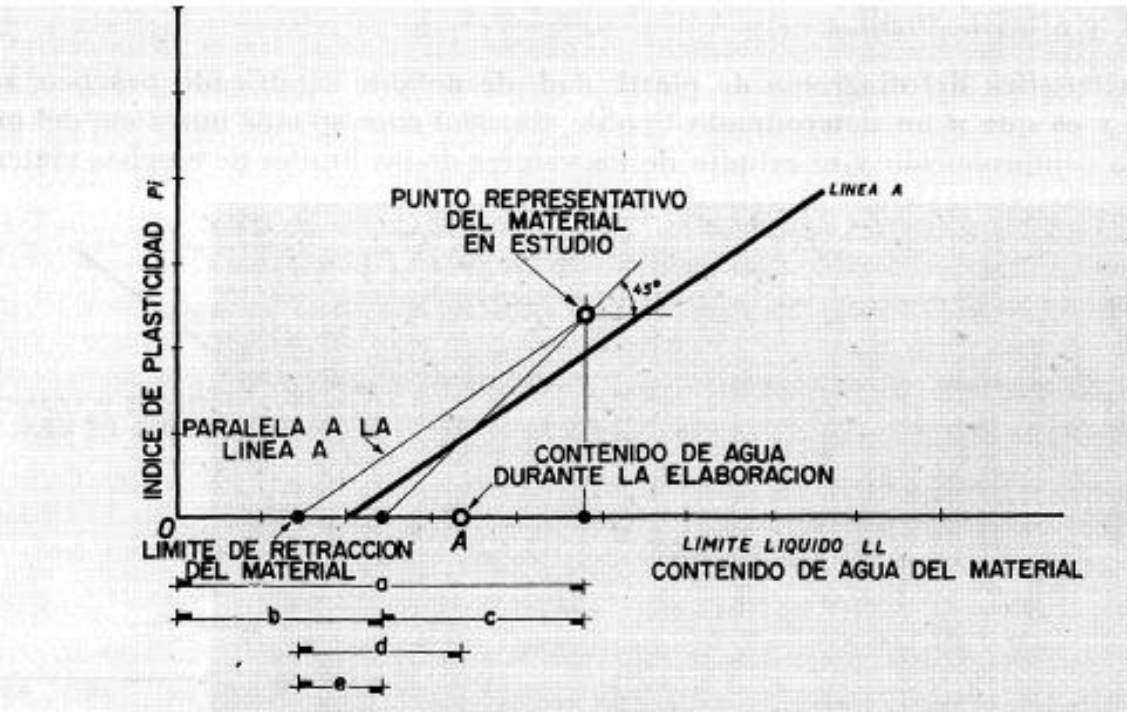


Grafico 2 Diagrama de plasticidad: segmentos más significativos en el estudio de una arcilla.
Fuente: (P. Sembenelli, 1966).

La longitud del segmento b representa el contenido de agua mínimo que el material debe tener para ser aún plástico y moldeable. Cuanto más corto es este segmento, tanto menor es la cantidad de agua necesaria para hacer el material trabajable.

La longitud del segmento c es, en consecuencia, proporcional al intervalo dentro del cual debe mantenerse el contenido de agua del material durante la elaboración. Si este segmento no supera un cierto valor, puede hacerse problemático controlar la humedad, del material a fin de mantenerla dentro de los límites requeridos por las diversas tecnologías.

Suponiendo que las operaciones de producción tengan lugar sobre un material cuyo contenido de agua esté comprendido entre los valores b y a, representado por el punto A en el eje de la abscisa, la distancia OA representa la cantidad de agua total a eliminar.

Cuanto más reducida es esta distancia, tanto menores serán las calorías a consumir en el secado. El segmento d representa la cantidad de agua a eliminar del material trabajado antes de reducir a cero la retracción. Cuanto más corto sea este segmento, tanto más limitada será la retracción de las piezas.

Admitiendo poder trabajar sobre materiales en el límite plástico, es decir, conteniendo una cantidad de agua que apenas le permite poseer una cierta plasticidad, el agua por extraer antes de eliminar la retracción viene dada por la longitud del segmento e, que representa el valor mínimo al cual puede reducirse el segmento d.

La posición del punto representativo de una arcilla en el diagrama de plasticidad adquiere ahora un significado preciso aun con fines prácticos. Está claro que el material ideal es aquel que permite ser moldeado con el mínimo contenido de agua y que ofrece la mínima retracción. Este material resultará fácilmente trabajable y desecará con una deformación limitada y bajo consumo de calorías. Cuanto menores sean las longitudes de los segmentos b y e, tanto mejor se cumplirán estas condiciones. Alejándose de estas condiciones, el material presentará problemas tecnológicos crecientes y será de más difícil elaboración. De acuerdo con esto, los valores mínimos de d y e se encontrarán en los caolines y en las arcillas caoliníticas, mientras que los valores máximos corresponderán a las arcillas "grasas" y a las bentonitas.

Otra característica del diagrama de plasticidad, de notable significado práctico, se entrevé ahora, y es que a un determinado tipo de material corresponde una zona del mismo diagrama. La comprobación y el estudio de los valores de los límites de muchos materiales ha permitido verificar que los puntos representativos de materiales que tienen el mismo origen geológico yacen a lo largo de una recta prácticamente paralela a la línea A, y que materiales de una determinada categoría ocupan partes bien precisas en el diagrama, como indica el gráfico 3, en el cual se señalan las zonas en las que recaen las arcillas que se encuentran con más frecuencia

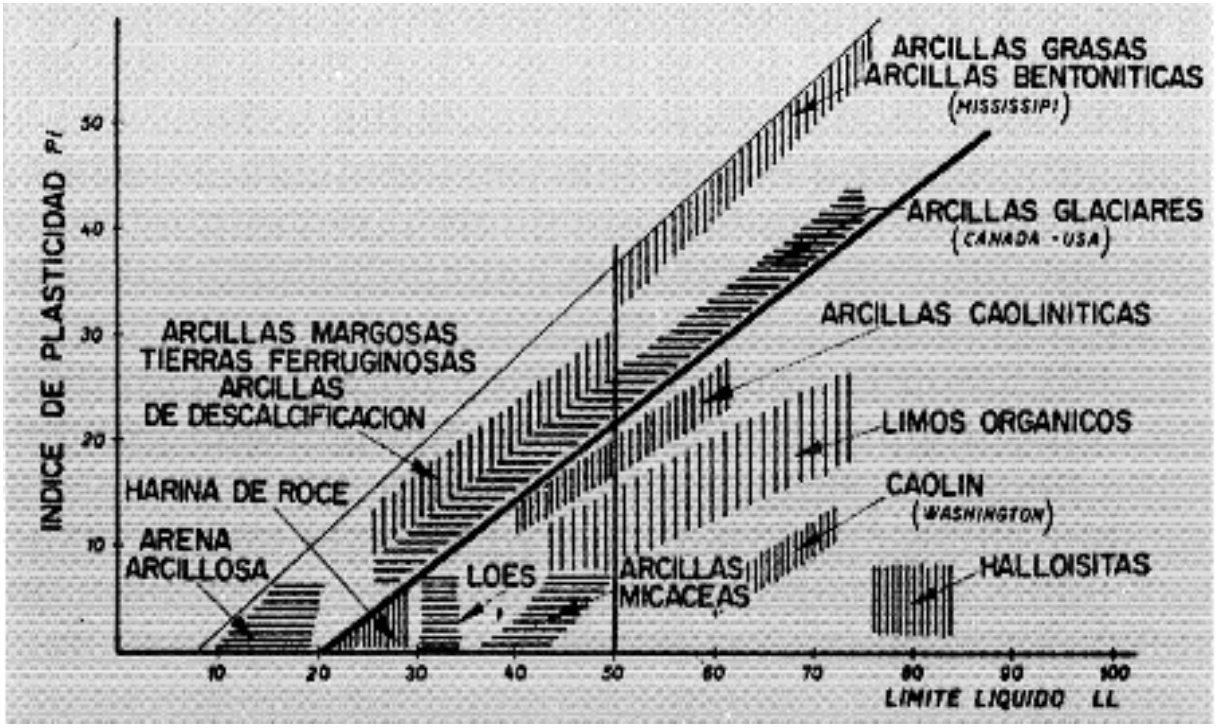


Grafico 3 Diagrama de plasticidad: zonas típicas para algunas arcillas.
Fuente: (P. Sembenelli, 1966)

4.14. Fluorescencia de rayos x.

Según la (Universidad de Alicante, s.f.), La fluorescencia de rayos X (FRX) es una técnica espectroscópica que utiliza la emisión secundaria o fluorescente de radiación X generada al excitar una muestra con una fuente de radiación X. La radiación X incidente o primaria expulsa electrones de capas interiores del átomo. Los electrones de capas más externas ocupan los lugares vacantes, y el exceso energético resultante de esta transición se disipa en forma de fotones, radiación X fluorescente o secundaria, con una longitud de onda característica que depende del gradiente energético entre los orbitales electrónicos implicados, y una intensidad directamente relacionada con la concentración del elemento en la muestra.

La FRX tiene como finalidad principal el análisis químico elemental, tanto cualitativo como cuantitativo, de los elementos comprendidos entre el flúor (F) y el uranio (U) de muestras sólidas (filtros, metales, rocas, muestras en polvo, tejidos, etc.) y liquidas porque permite hacerlos sin preparación de la muestra.

5. MATERIALES Y MÉTODOS.

5.1. Materiales.

5.1.1. Campo:

Para la realización del presente trabajo se utilizan los siguientes materiales:

- GPS GARMIN
- Martillo geológico
- Brújula geológica Brunton,
- Libreta de campo
- Tablero
- Cartas topográficas de los cantones Quilanga, Espíndola, Calvas, Sozoranga, Gonzanamá a escala 1:50 000.
- Cartas geológicas de los cantones Quilanga, Espíndola, Calvas, Sozoranga, Gonzanamá a escala 1:100 000.
- HCl al 10%
- Cámara fotográfica
- Lupa 30x
- Lápices de colores
- Flexómetro
- Computador portátil

5.1.2. Gabinete:

- Mapa de ocurrencias de minerales no metálicos. Ecuador, INIGEMM. (2011) escala 1:1´000 000.
- Cartas geológicas actualizadas a escala 1:100.000 de Gonzanamá (N VIII-B), Cariamanga (N VIII-A), Las Aradas (N VIII-D), Macará (N VIII-C) y Zumba (N VIII-F).
- Cartas topográficas del IGM, escala 1:50.000 de Gonzanamá (N VIII-B3), Cariamanga (N VIII-A4), Las Aradas (N VIII-D1), Rio Calvas(N VIII-C2), Amaluza (N VIII-D3) y laguna Cox (N VIII-F1).

5.2. Métodos.

5.2.1. Recopilación bibliográfica.

Se obtuvo información pre existente de estudios anteriores geológicos como: Geology of Loja Province, Southern Ecuador de J.B Kennerly (1992); The Metamorphic Belts of Ecuador de M. Litherland, J. A. Aspen (1994) como estudios regionales; libro de Geología y yacimientos minerales del Ecuador, Paladines, A., & Soto, J. (2010); Investigaciones de Materias Primas Minerales No Metálicas en el Ecuador, Uribe, R. (2015); actualización de la memoria técnica de las hojas geológicas de Gonzanamá, Cariamanga, Sozoranga, Las Aradas y Zumba a escala 1:100.000, INIGEMM (2016).

Además, informaciones de mapas de interés geológico como: mapa de ocurrencias de minerales no metálicos. Ecuador, INIGEMM. (2011) escala 1:1´000 000, y las hojas geológicas actualizadas a escala 1:100.000 de Gonzanamá (N VIII-B), Cariamanga (N VIII-A), Las Aradas (N VIII-D), Macará (N VIII-C) y Zumba (N VIII-F); cartografía base como hojas topográficas del IGM, escala 1:50.000 de Gonzanamá (N VIII-B3), Cariamanga (N VIII-A4), Las Aradas (N VIII-D1), Rio Calvas (N VIII-C2), Amaluza (N VIII-D3) y laguna Cox (N VIII-F1).

5.2.2. Teledetección.

Se utilizó imágenes Landsat/Copernicus de Google Earth del año 2019 que conjuntamente con las hojas geológicas y topográficas permitieron interpretar litologías y ubicar zonas potenciales de posibles arcillas, caolines y feldespatos, así arrancar más rápido el trabajo de campo. Posterior se corroboro en campo lo interpretado.

5.2.3. Levantamiento en campo y muestreo.

En esta etapa se permitió corroborar la información compilada en la etapa anterior y así explorar la zona reconociendo afloramientos naturales o artificiales puntuales donde se extrajo la mayor información geológica posible. Cada afloramiento se ubicó con certeza en el mapa topográfico de campo con ayuda del GPS. La ubicación y descripción litológica con coordenadas geográficas se registró en la ficha técnica de campo (cuadro 2).

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.		**Datum**		
Ubicación:				
Responsable:				
Coordenadas UTM	**X**:	**Y**:	**Z**:	
Formación/Unidad				
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	
Medidas estructurales	Rumbo		Buzamiento	
Muestra				
Estado de alteración:				
Observaciones:				
Foto				

Cuadro 2. Ficha para descripción de afloramientos.
Fuente: Julio Torres, 2020.

En el levantamiento de la información geológica se tomará en cuenta características como: tipo de relieve sobre el que se asienta el afloramiento, la descripción de los mismos se la hará en taludes, márgenes de las vías, así como cortes naturales del terreno, tomando en cuenta los elementos estructurales de las rocas como es el rumbo y buzamiento; sus dimensiones, así como también la potencia de los estratos de interés. Los elementos que lo afectan (presencia de agua), estado de meteorización y coloración de la roca, tamaño de grano, solubilidad de la roca, contactos litológicos.

Además de la recolección de muestras de mano que sean representativas para la identificación macroscópica de las rocas, las cuales serán georreferenciadas mediante la

utilización de GPS y características serán registradas en la ficha de identificación macroscópica de rocas, tomado del INIGEMM. (Cuadro 3).

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
	Ficha de descripción macroscópica de rocas		
No. de muestra		**Datum:**	
Coordenadas UTM			
X=	**Y=**	**Z=**	
Grupo genético		**Fotografía**	
Color de la roca			
Textura			
Estructura			
Tamaño de los componente medios			
Composición mineralógica (%)			
Minerales secundarios (%)			
Estado de alteración			
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)			
Nombre de la roca			
Observaciones			
Colector			

Cuadro 3 Ficha para descripción macroscópica de rocas.
Fuente: Proyecto Mapeo Geológico (Viteri, 2013). Modificado por El Autor.

5.2.4. Trabajo de laboratorio.

Una vez identificadas las muestras de interés potencial, estas serán recolectadas en fundas herméticas, las cuales tendrán un peso aproximado de 2 Kg. La codificación para las muestras se expone a continuación:

Identificación de las muestras

El código de identificación de la muestra de roca se compone de cuatro partes:

1) **Sector:** Indica el lugar donde se ha recogido la muestra (cantón), para el presente proyecto se codificará de la siguiente manera:

Nombre del Cantón	Código
Calvas	CL
Espíndola	ES
Sozoranga	SZ
Quilanga	QL
Gonzanamá	GN

Cuadro 4. Codificación de muestras de campo.
Fuente: Julio Torres, 2020.

2) **Tipo de muestra:** Código para diferenciar el tipo de muestra colectada. Para muestras de roca se debe denominar como R, para suelo S, y para detritos D.

3) **Número de muestra:** Codificación asignada en números naturales en el intervalo $1 \leq n \leq \infty$, donde "n" es el número de muestra (sin cero a la izquierda de n).

Los ensayos de laboratorio serán clasificados en dos fases:

5.2.4.1. Primera Fase:

Está compuesta por todas las muestras catalogadas como potenciales, a las cuales se les realizará ensayos fiscos y cerámicos.

1. Numero de muestras: 15

- **Ensayos Mecánicos.**

Las muestras recolectadas y catalogadas como potenciales fueron trituradas y pulverizadas antes de proceder a su separación gravimétrica por el tamiz N° 200 (75um), se eliminó de las mismas materia orgánica, se separaron los limos de las arcillas por sedimentación, se estableció los límites de plasticidad y se determinó la clasificación ASSHTO y SUCS.

Análisis Granulométrico (ASTM D422)**.**

El análisis granulométrico de una muestra de suelo consiste en determinar la proporción relativa en peso de los diferentes tamaños de granos, definidos por las aberturas de las mallas utilizadas.

Equipo

- Serie de mallas ASTM
- Balanzas de diferente sensibilidad

Tabla 5 Abertura de las mallas según norma ASTM.

Malla	Abertura [mm]	Malla	Abertura [mm]
3"	75.0	# 4	4,750
2 1/2"	63.0	# 8	2,360
2"	50.0	# 10	2,000
1 1/2"	37.5	# 30	0,600
1"	25.0	# 40	0,425
3/4"	19.0	# 50	0,300
1/2"	12.5	# 100	0,150
3/8"	9.5	# 200	0,074

Fuente: Julio Torres, 2020.

Procedimiento y Cálculos

1. Pasar la muestra seca de suelo por la malla 3/8" y separar el material que pasa esta malla, a fin de determinar el porcentaje de finos de forma confiable posteriormente,
2. Pasar el material retenido en la malla 3/8" por las mallas 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½" y 3/8" y pesar las porciones de material retenido en cada una de ellas,
3. Mezclar homogéneamente el material que pasó por la malla 3/8" y tomar una muestra representativa según indicación del instructor,
4. Colocar la muestra obtenida en etapa (3) sobre la malla #200 y lavar el material, utilizando agua común, de tal manera que el agua arrastre los finos haciéndolos pasar por esta malla, hasta que el agua que pasa a través de la malla mantenga su transparencia,
5. Verter cuidadosamente el residuo, en un recipiente desecador y permitirle sedimentar por un período de tiempo suficiente hasta lograr que el agua en la parte superficial de la suspensión se vuelva transparente, eliminar esta agua transparente y colocar el recipiente con la suspensión suelo y agua remanentes en el horno para secado,
6. Al día siguiente, regresar al laboratorio y pesar el residuo secado al horno o, en su defecto, el instructor les entregará otras indicaciones,
7. Finalmente, pasar la muestra (lavada y seca) por las mallas #4 a la #200, registrando el peso retenido en cada malla.

La información obtenida del análisis granulométrico se presenta en un gráfico semilogarítmico como el indicado en la figura donde en abscisas se indican los diámetros de partículas y en ordenadas el porcentaje en peso que pasa.

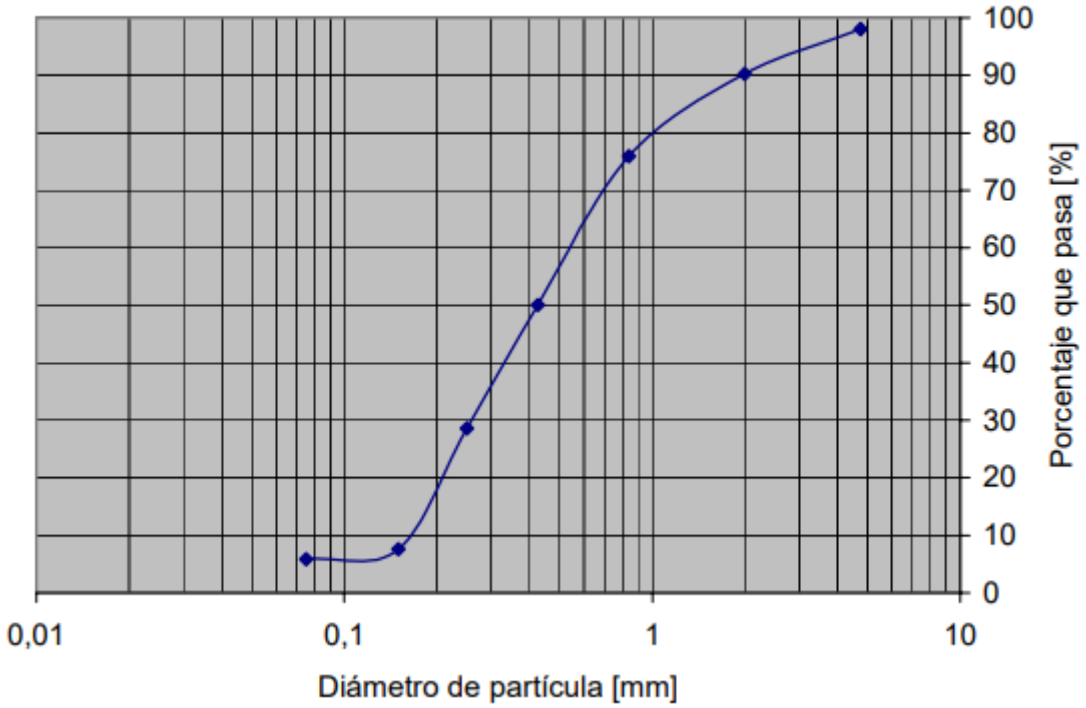


Grafico 4 Curva de distribución de tamaño de partícula.
Fuente: (Das, 2013).

Límites de atterberg. (ASTM D4318-95a)

Los límites de Atterberg son ensayos de laboratorio normalizados que permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. Con ellos, es posible clasificar el suelo en la Clasificación Unificada de Suelos (Unified Soil Classification System, USCS) y en la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras y Transporte del Estado (American Association of State Highway and Transportation Officials, ASSHTO).

Equipo

1. Máquina de Casagrande (referencia: norma ASTM Nº D 4318-95a)
2. Acanalador (misma referencia)
3. Balanza de sensibilidad 0.1g

4. Varios: espátula de acero flexible, cápsulas de porcelana, placa de vidrio, horno regulable a 110º, agua destilada.

Procedimiento y Cálculo

a) Preparación del material.

Se utiliza únicamente la parte del suelo que pasa por la malla # 40 (0.42 mm). Se procede a agregar o retirar agua según sea necesario y revolver la muestra hasta obtener una pasta semi-líquida homogénea en términos de humedad.

Para los limos y suelos arenosos con poco contenido de arcilla el ensayo se podrá realizar inmediatamente después de agregar agua, siguiendo el procedimiento indicado en letra b. Para los limos arcillosos será necesario conservar la pasta aproximadamente 4 horas en un recipiente cubierto. Para las arcillas este tiempo deberá aumentarse a 15 o más horas para asegurar una humedad uniforme de la muestra.

b) Determinación del límite líquido (W_L)

En la práctica, el límite líquido se determina sabiendo que el suelo remoldeado a $\mathbf{w = w_L}$ tiene una pequeña resistencia al corte (aprox. 0.02 kg/cm2) de tal modo que la muestra de suelo remoldeado necesita de 25 golpes para cerrar en ½ pulgada dos secciones de una pasta de suelo de dimensiones especificadas más adelante.

1. Se deberá iniciar el ensayo preparando una pasta de suelo en la cápsula de porcelana con una humedad ligeramente superior al límite líquido, para lo cual recibirán indicaciones del instructor,
2. Desmontar y secar la cápsula de la máquina de Casagrande, asegurándose que ella se encuentre perfectamente limpia y seca antes de iniciar el procedimiento,
3. Montar la cápsula en su posición para el ensayo,
4. Colocar entre 50 y 70 g de suelo húmedo en la cápsula, alisando la superficie a una altura de 1 cm con la espátula, cuidando de no dejar burbujas de aire en la masa de suelo,
5. Usando el acanalador separar el suelo en dos mitades según el eje de simetría de la cápsula; para una arcilla, el surco se puede hacer de una vez; los limos pueden

exigir 2 o 3 pasadas suaves antes de completarlo, siendo este procedimiento aún más complejo cuando se trata de suelos orgánicos con arcillas,

6. Girar la manivela de manera uniforme a una velocidad de dos revoluciones/seg; continuar hasta que el surco se cierre en ½" de longitud; anotar el número de golpes, cuando éste sea inferior a 40,
7. Revolver el suelo en la cápsula de Casagrande con la espátula y repetir las operaciones 5) y 6)
8. Tomar una muestra de aproximadamente 5 g de suelo en la zona donde se cerró el surco y pesarla de inmediato para obtener su contenido de humedad, lo que permitirá obtener un punto en el gráfico semi-logarítmico de humedad v/s número de golpes que se describe más adelante,
9. Vaciar el suelo de la cápsula de Casagrande a la de porcelana (que todavía contiene la mezcla de suelo inicial), continuar revolviendo el suelo con la espátula (durante el cual el suelo pierde humedad) y en seguida repetir las etapas (2) a (8),
10. Repetir etapas (2) a (9), 3 a 4 veces, hasta llegar a un número de golpes de 15 a 20.

Cálculo de W_L.

Sobre un papel semi-logarítmico se construye la **"curva de flujo"** como se indica en la figura. Los puntos obtenidos tienden a alinearse sobre una recta lo que permite interpolar para la determinación de la ordenada w_L para la abscisa N = 25 golpes.

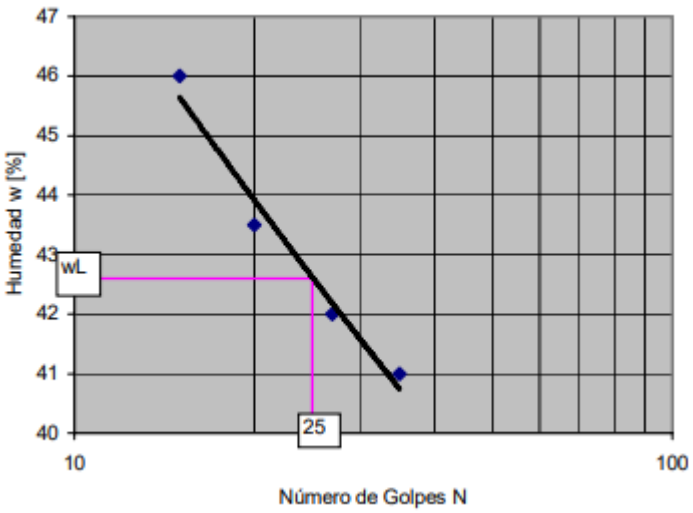


Grafico 5. Curva de flujo para la determinación del límite líquido de una arcilla.
Fuente: (Das, 2013)

Nota: Método de un punto. Se puede obtener el valor de W_L a través de una sola determinación. Este método es válido para suelos de mismo tipo y formación geológica; se ha observado que tales suelos tienen curvas de flujo de iguales inclinación, en escala semilog. Se usa la fórmula:

$$W_L = w\,x\left(\frac{N}{25}\right)^{tan\alpha}$$

Donde:

α = inclinación curva de flujo (escala semi-log)

N = número de golpes

w = contenido de humedad correspondiente a N. (Valores comunes de tgα : 0.12 a 0.13)

c) Determinación del límite plástico (W_P)

El límite plástico es el contenido de humedad para el cual el suelo se fractura al ser amasado en bastoncitos de diámetro 1/8" (3 mm) cuando se amasa una pequeña porción de suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa.

1. Utilizar una porción del material que queda del ensayo del límite líquido,
2. En los suelos muy plásticos W_P puede ser muy diferente de W_L; para evitar excesivas demoras en el ensayo con los suelos muy plásticos, es necesario secar el material al aire durante un cierto tiempo extendiéndolo sobre la placa de vidrio o amasándolo sobre toalla nova; se le puede igualmente colocar sobre el horno (a temperatura baja), al sol, o bien bajo una ampolleta eléctrica; en cualquier caso es necesario asegurarse que se seque de manera uniforme,
3. Tomar una bolita de suelo de 1 cm3 y amasarla sobre el vidrio con la palma de la mano hasta formar bastoncitos de 3 mm de diámetro,
4. Reconstruir la bolita de suelo, uniendo el material con fuerte presión de las puntas de los dedos y amasar nuevamente un bastoncito hasta llegar al límite plástico,
5. El límite plástico, W_P, corresponde al contenido de humedad para el cual un bastoncito de 3 mm, así formado, se rompe en trozos de 0.5 a 1 cm de largo, si no se está seguro de haber alcanzado W_P, es recomendable amasar una vez más el bastoncito,

6. Pesar inmediatamente el bastoncito así formado para determinar su contenido de humedad,
7. Realizar 2 o 3 ensayos repitiendo etapas (3) a (6) y promediar; diferencias entre 2 determinaciones no deberán exceder a 2 %.

Índice de plasticidad

Dicho índice es el resultado de la diferencia entre el límite líquido y el plástico, representado por la siguiente expresión:

$$IP = LL - LP$$

- **Ensayos Físicos.**

Los ensayos físicos se emplearon para determinar las características primordiales del suelo como el ensayo de contracción lineal en seco y por quema, porcentaje de humedad retenida y perdidas por ignición, color de quema.

Contracción lineal en seco y por quema. (ASTM C326-03)

Objetivo. - Tener los valores de contracción después de secar y quemar, piezas de arcilla, bajo varias condiciones de procesos.

Síntesis. - En los materiales no-metálicos podremos encontrar hasta tres tipos de agua retenida. La primera es el agua de cristalización, aquella que se encuentra intrínseca en la formula y se elimina con temperaturas entre los 400° y 500° C. la siguiente, el agua superficial presente en una fina capa en las superficies de las arcillas la cual depende del tipo de aniones y cationes presentes. Finalmente hay una pobre porción de agua, la cual es probablemente la continuación de la capa superficial de humedad, se visualiza como una capa que orienta las moléculas de agua hacia la superficie más lejana posible de la arcilla.

Para determinar humedad libre las arcillas, sea cual fuese la forma de la pieza que estamos fabricando esta experimentara cambio de tamaño en sus dimensiones y volumen. La contracción lineal en seco se atribuye este efecto al Agua superficial que al evaporarse quedan poros y al estar fresco el material estos se llenan inmediatamente, para la contracción en quema, se da al eliminarse la materia orgánica (presente en todo material

arcilloso como; carbonatos, fosfatos, etc.) y el agua molecular de las arcillas a 500° C, de igual manera al evaporarse por las altas temperaturas del proceso de quema quedan poros internos los cuales se llenan al fundirse el material a unos 800 ° a 1200° C donde se obtiene una pieza con mejores propiedades de resistencia mecánica.

Equipos y Materiales.

1. Moldes de Yeso (madera) para preparación de placas.
2. Horno de Resistencias con control de Temperatura.
3. Platillos de aluminio y/o bandejas.
4. Jarras Metálicas o plásticas de 1000 ml.
5. Calibrador Vernier.

Procedimiento.

Observación: Según la norma ASTM se recomienda usar barras cilíndricas de 19mm. de diámetro y 127mm. de longitud, pero tomando en cuenta la falta de materiales de laboratorio, se modificó la forma del espécimen tomando en consideración que el resultado sea lo más acercado al de la norma establecida prescribiendo el siguiente procedimiento.

ESPECIMEN POR VACIADO.

1. Preparamos un slurry (pasta) con un peso específico de 1600 ± 5 Kg. /m^3
2. Colocamos los moldes de yeso (en este caso al no poseer estos moldes se los realizo en moldes de madera) de tal manera que no se derrame por los lados y vaciamos el slurry, teniendo siempre en cuenta que el nivel del reservorio del molde este lleno para evitar que se introduzca aire y la pieza quede hueca.
3. Esperamos que la pieza se forme en el molde, para esto utilizamos la técnica del tacto, introduciendo el dedo en el reservorio del molde y palpando la formación de la pieza.
4. Una vez que se determine que la pieza se ha formado y secado lo suficiente en el molde se desconcha (extrae la pieza del molde) y se marcan las diagonales de la placa con una distancia de 50 ± 1mm. previamente medidas en el calibrador.
5. En el secador de resistencias se los mantiene entre 80 y 100° C, por un periodo de 12 a 24 horas.

6. El disco y la placa son retirados del secadero y se procede a medir el diámetro y las diagonales respectivamente.
7. Los valores de dimensiones obtenidos se los anota y se procede a poner los especímenes en el horno y simular un proceso de quema de 7 horas.
8. Terminado el proceso de cocción de las piezas se las deja enfriar en el horno para evitar que los cambios bruscos de temperatura generen fisuras o distorsionen las piezas.
9. Se procede nuevamente a medir las diagonales y el diámetro según corresponda y se anotan dichos valores.

Cálculos.

Calculo de la Contracción Lineal en Seco como porcentaje de la longitud plástica.

$$S_d = \frac{L_p - L_d}{L_p} \times 100$$

Donde:

S_d = % de contracción lineal en seco.

L_p = Longitud plástica del espécimen.

L_d = Longitud seca del espécimen.

Calculo de la contracción Lineal Total después del secado y quemado del espécimen cerámico, como porcentaje de su longitud plástica.

$$S_t = \frac{L_p - L_f}{L_p} \times 100$$

Donde:

S_t = % de contracción lineal total

L_p = Longitud plástica del espécimen.

L_f = Longitud después de la quema del espécimen.

Porcentaje de humedad retenida y perdidas por ignición (L.O.I.)

Objetivo. - Saber la cantidad de agua superficial y el porcentaje de materia orgánica como carbonatos, fosfatos, residuos de raíces y otros, que se encuentran formando parte de la materia prima.

Síntesis. - Con sus siglas en Ingles L.O.I. (Loss On Ignition), hace referencia a la pérdida de peso que se presentará en un material al momento de su quema, es decir, la materia orgánica parte de la composición natural al someterse a las altas temperaturas que genera una curva de cocción donde se incineran oxidándose a temperaturas entre los 250° C y los 750° C y se descomponen en forma de gas carbónico, al descomponerse esta materia orgánica se reduce el peso y el volumen de la pieza.

Observación: se usa el mismo espécimen de análisis anterior (Ref. C326-03).

Equipos y Materiales.

1. Balanza electrónica con presión de 0.01 g.
2. Tamiz ASTM # 200.
3. Moldes de Yeso o madera para placa cuadrada
4. Horno con controlador de temperatura.

Procedimiento.

1. El espécimen recién desconchado del procedimiento anterior es pesado y se anota su valor.
2. Una vez seco el espécimen se lo vuelve a pesar, para calcular el porcentaje de agua retenida del material.
3. La placa quemada, una vez enfriada al salir del horno se pesa nuevamente y con este peso calcularemos el L.O.I.

Cálculos.

1. % de Humedad Retenida

$$\%\ de\ Humedad\ \text{Re}tenida. = \frac{Ww - Ws}{Ww} \times 100$$

Donde:

Ww = Peso húmedo. (g.)

Ws = Peso en seco (g.)

2. L.O.I.

$$L.O.I = \frac{Ws - Wf}{Ws} \times 100$$

Donde:

W_f = Peso después de Quema.

L.O.I = % Perdidas por Ignición.

Determinación Visual Del Color De Quema De La Materia Prima. (Método Adaptado)

Objetivo. - Mediante este proceso observamos que algunos materiales al ser quemados no presentan el mismo color de su estado natural como materia prima, lo cual permite predecir qué tipos de arcillas son útiles para cada tipo de producto deseado.

Síntesis. - Nos es claro que las arcillas o materiales no metálicos son las recopilaciones de materia orgánica de todas las etapas geológicas las propiedades presentes en cada una dependen intrínsecamente de los compuestos que a estas la conformen, razón por la cual pueden presentar en estado natural un color completamente diferente al de la quema.

Equipos y Materiales.

1. Moldes de Yeso o madera para placas.
2. Horno con control electrónico de temperatura.
3. Sentido de la vista.

Procedimiento.

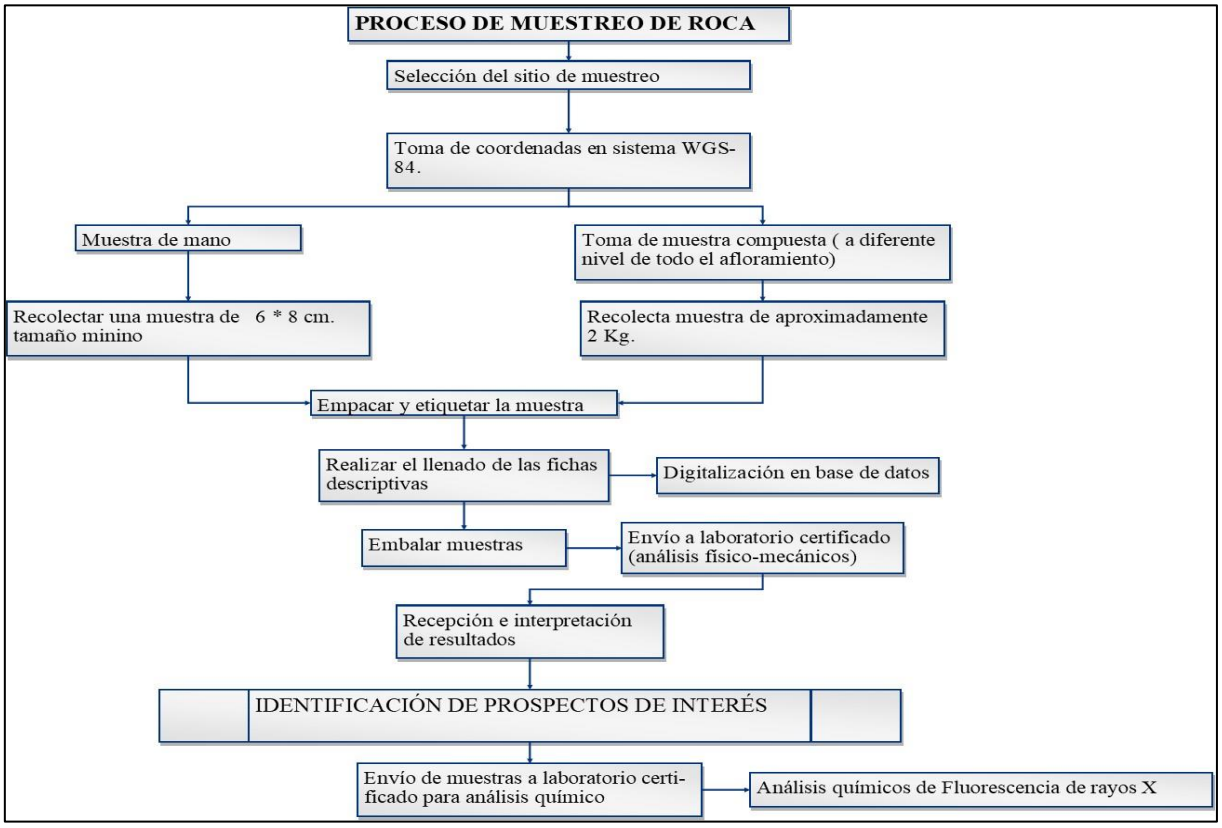
1. Siguiendo los pasos realizados en la contracción lineal en seco y por quema (ASTM-C326-03) se obtienen los especímenes que serán analizados.

2. De igual manera se introducen las piezas al horno con una determinada curva de cocción que simule un proceso industrial, se utilizan las piezas obtenidas anteriomente.
3. Una vez que han salido las piezas del horno se define su color de quema con colores precisos, es decir, Habano Claro, habano Oscuro, Marrón Claro, Marrón oscuro, Amarrillo, Rojo, Rosado, Crema, Blanco, Café, Morado entre otros que se obtengan, evitando hacer desplazamiento de colores en la descripción como, por ejemplo; Amarillo, Rojizo, Casi Rosa, Café, Claro, Oscuro, entre otros.

5.2.4.2. Segunda fase:

En esta fase se realizará análisis químicos mediante la fluorescencia de Rayos X, a muestras que presenten un potencial real para el objeto de estudio.

- Numero de muestras: **18.**



Cuadro 5 Diagrama de flujo del proceso de muestreo de roca.
Fuente: Julio Torres, 2020

Análisis cuantitativo de rayos x.

El análisis cuantitativo por fluorescencia de rayos X consiste en excitar la muestra y provocar una radiación fluorescente, la cual, una vez colimada, llega a un cristal analizador, donde se refleja según ángulos determinados, y se detecta en un contador, que lleva la respuesta a un registro gráfico o a un contador de impulsos.

Procedimiento.

Todas las muestras, son analizadas por fluorescencia de rayos X; para ello deben someterse a una preparación standard, que consiste esencialmente en tomar una cantidad aproximada de 10 g, llevarlos a un porta muestras, y mediante un pistón cilíndrico se comprimen con una presión de 260 kg/cm2 durante un tiempo fijo de medio minuto.

Una vez preparada la muestra, estará lista para ser introducida en el aparato de rayos X para su análisis.

La medida consiste en introducir la cápsula en el porta muestras individual e iniciar la medida.

Los análisis fueron realizados por el laboratorio de beneficio de minerales de la UTPL, el equipo utilizado es un espectrómetro de Fluorescencia de rayos X portátil S1 Turbo marca Bruker; determinando así sus contenidos en calcio, silicio, aluminio, hierro, azufre potasio, fosforo, titanio y cobalto, expresados, todos ellos, en forma de óxidos.

5.3. Registro de la información.

Los datos producto de la información recopilada en campo y de los análisis realizados en el laboratorio se almacenaran en una base de datos creada en el software QGis 2.14.7 con la herramienta qgis2web, la cual facilita que la información como aspectos: litología, descripción macroscópica de rocas, granulometría, contenido de humedad, composición química, ensayos de quema, entre otros, así como también información de las concesiones mineras de minerales no metálicos proporcionada por la agencia de regulación y control minero (ARCOM) queden a disposición del público accediendo a una plataforma virtual creada por el software .

6. RESULTADOS:

6.1. Ubicación.

La provincia de Loja se encuentra ubicada al Sur de la Región Interandina de la República del Ecuador, en el valle de Cuxibamba, pequeña depresión de la provincia de Loja situada a 2.100 m.s.n.m. y a 4° de latitud Sur.

El área de estudio se encuentra ubicada al SW del cantón Loja, comprende los cantones de: Quilanga, Espíndola, Calvas, Sozoranga, Gonzanamá; con una extensión de 2700.25 km^2, abarcando el 24.43% de la provincia de Loja; sus límites son al norte con los cantones Catamayo y Paltas; al sur con Perú; al este con el cantón Loja y al oeste con los cantones Celica y Macará.

Figura 4: Ubicación de la zona de estudio
Fuente: Julio Torres, 2020.

6.2. Acceso:

El acceso terrestre hacia la zona de estudio se lo puede realizar desde la cuidad de Quito y recorriendo aproximadamente 685 km por la vía panamericana hasta la cuidad de Loja, desde aquí se lo realiza por las carreteras de primer orden Loja-Gonzanamá-Calvas-Sozoranga-Macará, Loja-Catamayo-Gonzanamá-Quilanga-Espíndola, Loja-Catamayo-Gonzanamá-Calvas-Espíndola, Machala-Arenillas-Alamor-Celica-Macará-Sozoranga.

Dentro de la zona la movilización es adecuada, ya que se cuenta con caminos carrozables de segundo y tercer orden, caminos de herradura y senderos que conectan a las parroquias y a los caseríos de los cantones principales

El acceso por vía aérea se realiza desde el Aeropuerto José Joaquín de Olmedo de Guayaquil o Aeropuerto Mariscal Sucre de Quito, hasta el Aeropuerto Ciudad de Catamayo ubicado en el cantón Catamayo, provincia de Loja; luego se realiza el recorrido terrestre.

6.3. Clima:

Según (Prefectura de Loja, 2014), el área de estudio se encuentra inferida por dos climas diversos los cuales son: bioclima tropical con temperaturas medias que varias entre los 18° y 22°C que corresponden a los cantones de Sozoranga, Espíndola y Quilanga y el clima subtemperado con temperaturas que varían entre los 12° y 18°C que corresponden a los cantones de Calvas y Gonzanamá.

6.4. Hidrografía:

En la parte centro y sur de la provincia de Loja donde se localiza la zona de estudio, se encuentra el sistema hidrográfico denominado Chira-Catamayo (7.086 km2), conformado por tres grandes cuencas: en el centro la cuenca del río Catamayo y sub-cuenca del río Playas, al sur la cuenca del río Macará que limita con el Perú. A partir de la unión de los ríos Catamayo y Macará se inicia la Cuenca Baja (Inferior) o cono de deyección del sistema Catamayo-Chira, que constituye la franja de Zapotillo.

Todas las cuencas, subcuencas y microcuencas generan agua que escurre a través de un sistema de drenaje "dendrítico", característico de ríos de "alta montaña",

genéticamente en estado "juvenil", y de "valle" en las partes bajas y planas donde el río ha llegado a su estado de semimadurez, el destino final de estas aguas es otro rio o el océano, por lo tanto son cuencas "exorreicas" (Prefectura de Loja, 2014).

6.5. Geomorfología:

La zona de estudio se ubica en los andes meridionales del Ecuador que se extienden desde Zaruma-Saraguro hasta la frontera peruana. En esta zona se observa una desaparición progresiva del arreglo de las dos cadenas montañosas bien formadas que constituye la cordillera de los Andes ecuatorianos septentrionales, siendo así que el rasgo más notable es el desarreglo de los relieves (WINCKELL, y otros, 1992)

Con excepción de la Cordillera Real que se prolonga, aunque en forma fragmentada hasta Amaluza en la frontera peruana, donde culmina a 3900 msnm, los relieves se caracterizan por una baja general de las altitudes hacia el SSO, donde las cotas más altas sólo alcanzan 2500 msnm, razón por la cual ya no existen huellas glaciares (WINCKELL, y otros, 1992)

El modelado del conjunto resulta de la asociación de grandes lomos alargados superiores, asociados con valles transversales ensanchados y con trazados ortogonales como el río Catamayo, el cual forma una cuenca aislada.

Esta fragmentación se acentúa aún más por la baja progresiva de la Cordillera Occidental y su reemplazo por una serie compleja de estribaciones con modelados suaves que certifican una transición gradual hacia los relieves costaneros occidentales, los cuales también presentan grandes escotaduras en el paso de los principales ejes hidrográficos provenientes de los Andes, complementando así la desaparición del cinturón montañoso (WINCKELL, y otros, 1992).

Presenta relieves de tres categorías: el principal es de tipo tectónico erosivo que corresponde a levantamientos donde se destacan relieves desde colinados bajos hasta los de tipo montañoso, con alturas que oscilan desde 2000 msnm al oeste en el sector; hasta 2800 msnm al sur, donde se evidencia el cerro san Bartolo; Los relieves de tipo denudativo corresponden a coluvio aluvial antiguo, coluvio aluvial reciente y coluvión

antiguo, ubicados en el sector de Calvas y Espíndola, estas formas son originadas por la acción de la gravedad y por procesos erosivos.

Finalmente, se identifican los relieves de tipo deposicional, referidos a las geoformas originadas por el depósito de material acarreado por los agentes erosivos como el agua y el viento desde las partes altas hacia las zonas de cotas inferiores, como es el caso de la confluencia entre Gonzanamá y Sozoranga, cuyo punto más bajo está a 600 msnm; sector donde se encuentran amplias terrazas (Figura 5).

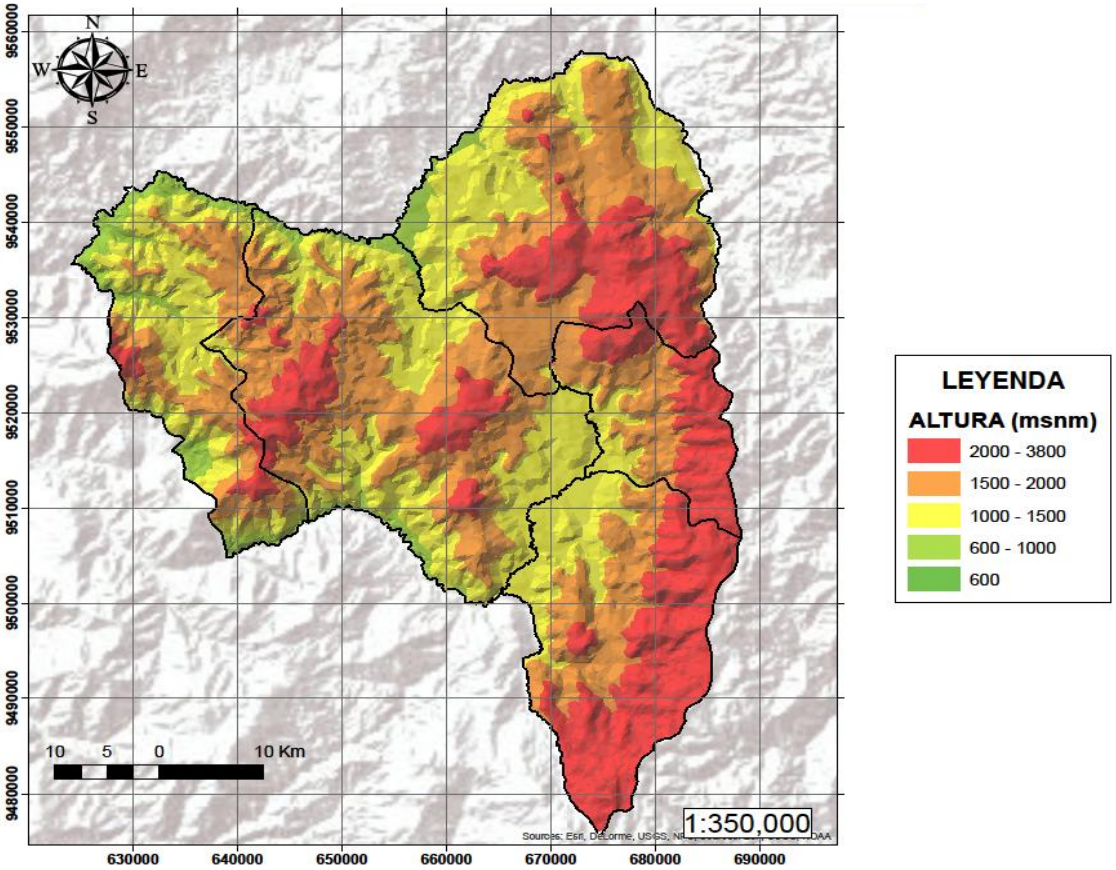


Figura 5. Modelo de elevación territorial de la zona de estudio.
Fuente: Julio Torres, 2020.

6.6. Marco geológico.

6.6.1. Geología histórica y evolutiva.

El cinturón metamórfico del Ecuador está formado por rocas paleozoicas de bajo grado agrupadas en la unidad Chigüinda, que es una secuencia derivada de una fuente continental, probablemente de una cuenca intercratónica o de margen pasivo

correspondientes a los periodos Devónico – Carbonífero, posiblemente extendido hasta el Pérmico (Litherland, Aspden, & Jemielita, 1994).

Durante el Permo – Triásico, se genera una zona de rift en la cual se produce el emplazamiento de granitos tipo S de la Unidad Tres Lagunas en los sedimentos paleozoicos de la Unidad Chigüinda, conocido como Evento Moro Moro – Tres Lagunas.

Evidencias encontradas indicarían que la Cordillera Real, así como el Bloque Amotape Tahuín (BAT) eran continuos durante el emplazamiento de granitoides tipo S y posteriormente fueron separados y rotados en forma relativa con respecto a la Cordillera Real a lo largo del sistema de fallas profundas denominado Las Aradas.

El período Jurásico se caracteriza por el desarrollo dentro del Domino Olmos-Loja de los arcos de islas Alao y continental Salado (Pilatasig , Gordon, Palacios, & Sánchez, 2007). El terreno Alao es interpretado como un relicto de un arco de islas, formado por una compleja asociación de rocas desarrolladas en un ambiente de subducción con un melange ofiolítico conocido como unidad Peltetec, una cuenca de ante arco llamada unidad turbidítica Maguazo, un arco de islas formado por rocas verdes basálticas y andesíticas de la unidad Alao–Paute y una cuenca de tras-arco conocida como unidad metasedimentaria El Pan (Litherland, Aspden, & Jemielita, 1994).

La rotación horaria del bloque Amotape-Tahuín durante el Cretácico Superior (Mourier, y otros, 1988) como consecuencia de la colisión del Plateau Pallatanga, estaría soportada por las tasas de levantamiento obtenidas en rocas del BAT entre 86 y 60 Ma. (Spikings, Winkler, Hughes, & Handler, 2005). Lo que evidenciaría el emplazamiento de un arco de islas en la zona, representado por las rocas de la Unidad Punta de Piedra que debieron acrecionarse al continente, cuya zona de sutura constituiría la Falla de las Aradas, que marca una zona de cizallamiento dextral de gran magnitud del Maestrichtiano al Eoceno (INIGEMM, 2013).

Este Arco de islas debió haber sido transportado desde el suroeste (Kennan & Pindell, 2009), por la presencia de basamento oceánico y rocas de arco de islas (como parte de la transportación de la Placa Caribeña hasta su sitio actual), acrecionadas al basamento sudamericano y sujetas a un cizallamiento dextral de gran magnitud.

Las rocas volcánicas, volcanoclásticas y sedimentarias de composición andesítica, diferenciadas como Unidades Changaimina, La Cruz y San Vicente, corresponderían al inicio de la actividad del arco volcánico continental durante el Paleoceno, durante un dominio tectónico extensional que genera una serie de fallas de tipo normal y ocasiona ciertas depresiones locales, como el denominado Graben de Amaluza, donde se depositan luego las rocas sedimentarias volcanogénicas de la Unidad Río Guayucu en un ambiente de depósito fluvio-lacustre; el mismo que va evolucionando y durante el Eoceno-Oligoceno, genera productos volcánicos de composición dacítica y riolítica, agrupados dentro de las Unidades Sacapalca, Solanda, El Ingenio y Loma Blanca.

En el Mioceno se desarrollan cuencas sedimentarias al sur del Ecuador en dos fases de sedimentación, la primera fue nombrada fase Costera del Pacifico en donde la sedimentación ocurrió sobre una extensa área cerca del nivel del mar desde 15 a 9,5 Ma. (Steinmann, Hungerbühler , Seward, & Winkler, 1999). El sistema lacustre, cuyos sedimentos presentan abundante laminación paralela, cíclicas alternancias de areniscas y lutitas en estratos tabulares con gran cantidad de ostrácodos, era alimentado por pequeños aparatos deltaicos evidenciados por las secuencias negativas observadas en el sector de Colca; La existencia de dos tipos diferentes de aporte (volcánico y metamórfico) podría sugerir que el sistema de drenaje era radial-centrípeto (Corrochano , 2014). La segunda fase denominada Intramontañosa desde 9,5 Ma., donde ocurre una inversión tectónica y compresional este-oeste exhumando la región y restringiendo a pequeñas cuencas, remanentes de las cuencas mayores más antiguas. (Steinmann, Hungerbühler , Seward, & Winkler, 1999) esto debido al levantamiento de la Cordillera Occidental.

Durante la etapa del Mioceno medio (15 a 10 Ma.) se produjo el hundimiento extensional de la región interandina lo que originó una transgresión marina de poca profundidad en las ensenadas de Cuenca y Loja a través de las cuencas de Manabí y Progreso (Hungerbühler, y otros, 2002).

En el Mioceno ocurre un importante evento magmático, representado por la intrusión del batolito de Portachuela de composición granodiorítica y granítica, el cual se emplaza principalmente al este de la falla Las Aradas, afectando a las rocas metamórficas

de la Unidad Tres lagunas y Chigüinda. Además, estos cuerpos intrusivos son observados en la quebrada Pajas Blancas y el Cerro Mostrenga y Collingora.

Durante el Plioceno se desarrolla la depositación de flujos laharíticos evidenciados por la Unidad El Carmen de Laurel que rellenan la mayor parte de las cuencas intramontañosas, así como un volcanismo de tipo fisural caracterizado por basaltos columnares pertenecientes a la Unidad Quilanga.

Las secuencias del Cuaternario corresponden a depósitos fluviales distribuidos en los márgenes de los ríos que atraviesan el área y a depósitos coluviales en zonas donde la pendiente es fuerte y el macizo rocoso se encuentra altamente fracturado y meteorizado.

6.6.2. Geología estructural.

La zona de estudio está atravesada por varios sistemas de fallas regionales y fallas menores asociados con una tendencia dominante de dirección NE/SW y NW/ SE. Varias de estas estructuras constituyen contactos tectónicos entre unidades geológicas del basamento y las cuencas miocénicas.

El principal rasgo morfológico constituye el sistema de fallas Girón – Las Aradas, que se relaciona a un tren de fallas en dirección NE/SW con buzamiento E, que marca el límite tectónico entre los terrenos Alao y Loja, esto es observado en el inlier de Quilanga, en el cual aflora y se relaciona tectónicamente la Unidad Chigüinda con la Unidad Alao - Paute, además de que genera el cabalgamiento de este a oeste del basamento metamórfico sobre la Unidad Río Guayacu, la cual se encuentra vasculando hacia el oeste y con fallas menores de carácter inverso. En el sistema de fallas se puede observar que afloran varios pulsos magmáticos que retocan la morfología de la zona.

En el sector de El Carmen, se observan estructuras de cizalla, con una componente inversa de este a oeste, que evidencian el cabalgamiento del basamento metamórfico, mientras tanto el trazo que se extiende desde el cerro Pan de Azúcar limita la cuenca al suroeste con el basamento volcánico.

En el sector de la vía Sasaco – Matala (UTM: 680 616E, 9 536 725N), se observa una zona de fallamiento con rumbo noreste – suroeste y buzamiento al noroeste, en la cual se notan zonas con harina de falla, rocas fuertemente diaclasadas, brechas de falla y

espejos de falla. Estos elementos permiten relacionar a esta falla con una componente normal dextral, que afecta a rocas de la Formación Loma Blanca.

Otra de las principales fallas que atraviesa el área en dirección N-S con ángulo de buzamiento hacia el O, constituye la Falla Bella María. Esta falla se encuentra al este de la ciudad de Cariamanga y pone en contacto rocas de composición basáltica y rocas intrusivas de composición granodiorítica al oeste con rocas volcánicas de composición andesítica correspondientes a los volcánicos continentales de edades que van del Paleoceno al Mioceno y que anteriormente estaban definidos dentro de la Formación Sacapalca. (INIGEMM, 2017).

6.6.3. Geología Regional:

La zona de estudio se encuentra localizada en la zona de transición entre los Andes Centrales y los Andes Nórdicos, conocida por algunos autores como la Deflexión de Huancabamba (Mourier, y otros, 1988). En esta área, la fisiografía del Ecuador pierde el arreglo de las dos cadenas montañosas bien formadas que constituye la cordillera de los Andes y dentro de la cual se ubica la cuenca Alamor-Lancones (CAL).

La CAL es conocida en el Perú como Lancones (Mourier, y otros, 1988), en la parte del Ecuador es renombrada en este estudio por su naturaleza sedimentaria-volcánica como Alamor-Punta de Piedra (CAP). Esta cuenca se encuentra situada entre el Terreno Olmos-Loja al Oriente y el Macizo Amotape-Tahuín al Noroccidente (figura 18).

El macizo Amotape Tahuin se encuentra conformado por rocas metamórficas, cuyo rango de metamorfismo varía desde alto grado (gneis) a bajo grado (pizarras/esquistos). El conjunto metamorfizado incluye un basamento sedimentario del Devónico, intruido por granitoides y anfibolitas deformadas de edad Triásica (Aspden, Bonilla, & Duque, 1995). Según estos autores el bloque Amotape Tahuin se habría desmembrado de la Cordillera Real.

El terreno Olmos-Loja comprende las rocas metamórficas de la cordillera Real del Ecuador y su prolongación en el Perú. En el territorio ecuatoriano se incluyen los terrenos Alao, Loja y Salado, constituidos por rocas metamórficas de diferentes ambientes. (Litherland, Aspden, & Jemielita, 1994).

La CAP en la parte Suroriental, está constituida por una potente secuencia de rocas volcánicas y volcanoclásticas asociadas con niveles sedimentarios, depositadas en ambiente oceánico, mientras que la parte noroccidental está constituida por rocas siliciclasticas depositadas sobre basamento metamórfico, en un ambiente continental a marino costero.

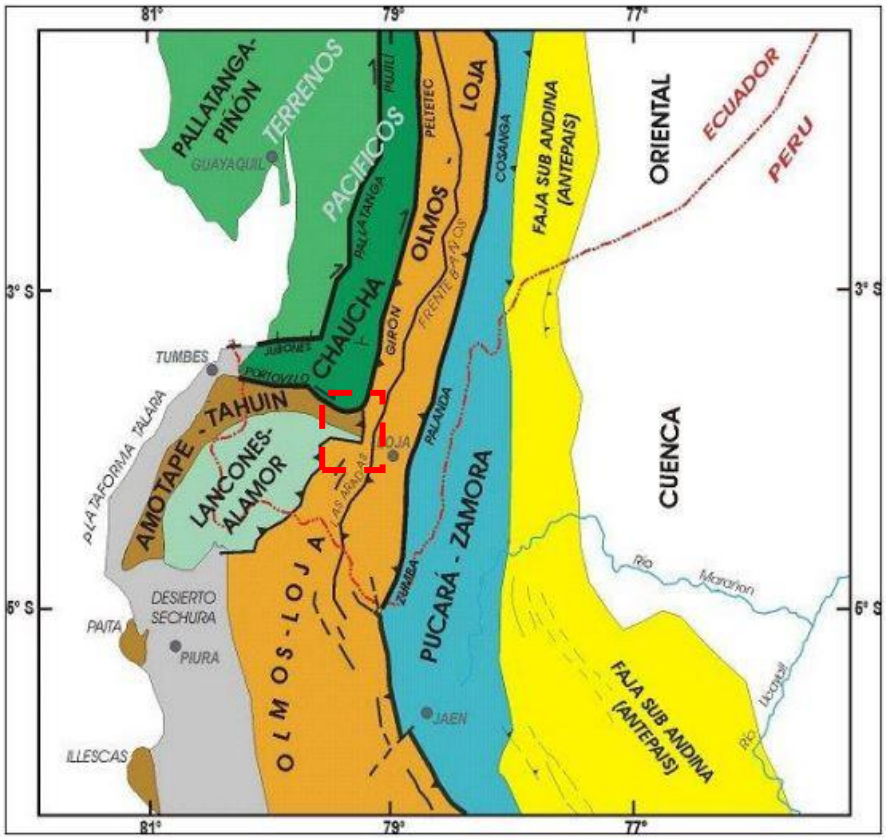


Figura 6. Esquema de ubicación del área de estudio con respecto a los dominios litotectónicos del Sur del Ecuador, incluyendo las principales fallas regionales. La mayoría de las estructuras representan límites entre diferentes dominios litotectónicos o regiones geológicas

Fuente: (Pilatasig , Gordon, Palacios, & Sánchez, 2007).

6.6.4. Litoestratigrafía:

6.6.4.1. Unidad Chigüinda (PzLc).

Se encuentra expuesta en la parte SE de la hoja. Su origen es de fuente continental, probablemente a partir de una cuenca intracratónica o de un ambiente de margen pasivo. Esta unidad litotectónica presenta características litológicas y estructurales resultantes de la intensa deformación y dinamometamorfismo de protolitos pelítcos, psamíticos y

cuarzosos. Los afloramientos presentan intercalaciones y alternancias de filitas, esquistos micáceos y cuarcitas con ocasional presencia de pizarras. Esta sucesión metasedimentaria al microscopio exhibe una paragénesis mineral de bajo grado de metamorfismo: cuarzo + albita + moscovita ± biotita ± clorita ± grafito, es decir en facies de metamorfismo de esquistos verdes a sub-esquistos verdes. Se considera de edad Paleozoica entre el Devónico al Pérmico (Litherland, Aspden, & Jemielita, 1994).

6.6.4.2. Unidad Tres Lagunas (TRL).

Aflora en las estribaciones occidentales de los contrafuertes de Chuquiragua y Sabanilla formando un cinturón de 3 k m de ancho con acuñamiento en sus extremos N y S. Afloramientos tipo son El Ollocal, Amarillos, El Sango y sector Las Cochas. La unidad incluye a granitos metamórficos con cuarzo azul, en partes relativamente no deformadas se expone con texturas ígneas originales. Los esquistos y gneis cuarzo-feldespáticos de grano medio a fino ocasionalmente se intercalan con esquistos moscovíticos. Según (Litherland, Aspden, & Jemielita, 1994), los contactos entre el Complejo Tres Lagunas y la U. Chigüinda se definen como tectónicos. Estudios recientes realizados en circones, datan edades de 233,7 ± 0,8 Ma, correspondiente al Triásico Superior (Cochrane, R., 2013).

6.6.4.3. Unidad Alao Paute (JAa).

Parte del terreno litotectónico Alao, se extiende por las estribaciones occidentales de la Cordillera Real como escamas tectónicas acuñadas. Los afloramientos están en las localidades de Fundochamba, Las Cuadras, Santa Rosa y Los Amarillos. Consta de esquistos verdes, metandesitas y metabasaltos con textura lepidoblástica, acompañados localmente por niveles de metapelitas color gris, con una marcada esquistosidad. Relaciones litoestratigráficas ubican a la U. Alao Paute en contacto tectónico con rocas volcánicas de las unidades Changaimina y El Ingenio y con las rocas metamórficas de Chigüinda. Dataciones recientes la ubican en el Jurásico Medio, 163,7 ±1,6 Ma. (Spikings, y otros, 2015).

6.6.4.4. Unidad Punta De Piedra (KPp).

Definen a la unidad conformada por basaltos oceánicos verdes masivos y a veces en almohadilla, intercalados con brechas volcánicas y algunos sedimentos pelíticos silíceos. Estas lavas están asociadas localmente con intrusiones menores de gabros

uralitizados**.** Las rocas tipo ocurren en un sector del río Catamayo y al NO de Sozoranga en las inmediaciones del Cerro Punta de Piedra y al este de la ciudad de Macará.

La litología típica incluye basaltos, andesitas, andesitas basálticas, pilow lavas de afinidad toleítica y una facie volcanoclástica conformada por hialoclastitas, tobas y brechas. En general, se trata de rocas de color gris oscura con tonalidades verdosas en superficies frescas con una dominante textura afanítica, ocasionalmente se evidencia rocas con presencia de vesículas rellenas de arcillas, cuarzo y carbonato.

Observaciones de campo, delimitan una potencia aproximada de 1500 a 2000 m, además se encuentra sobreyacida discordantemente por la Formación Celica e intruida por la Granodiorita Tangula. Esta unidad se interpreta como procedente de un arco volcánico de islas formado durante el Cretácico Temprano. (Egüez & Poma, 2001)

6.6.4.5. Formación Celica (KC).

Aflora principalmente en la vía la Victoria-Surumbelo-Ceibal y en los alrededores de la Loma Samanamaca. Se define como una secuencia volcanoclástica dominada por la presencia de tobas de cristales de coloración verdosa de composición andesítica y andesito-basáltica que esporádicamente presenta amígdalas rellenas, además de brechas volcánicas que se intercalan con mantos de lava de composición basáltico andesítica (INIGEMM, 2013).

Dentro de esta unidad se incluyen niveles sedimentarios subhorizontales de limolitas, lutitas carbonatadas y cherts, presentes al SO de La Victoria. Esta unidad se encuentra sobreyaciendo transicionalmente a la Unidad Punta de Piedra e intruida por la Granodiorita Tangula hacia el este. (Jaillard, y otros, 1996), mediante correlación estratigráfica sugiere que esta unidad posee una edad Albiense..

6.6.4.6. Unidad Changaimina (PcCh).

Está compuesta de lavas y brechas andesíticas a basálticas gris verdosas con plagioclasas y anfíboles subhedrales. Esta unidad alcanza un espesor ~ 500m en superficie. (Hungerbühler, Dominik, 1997), reporta una edad de 66,9 ± 5,8 Ma, para la Fm. Sacapalca, por relaciones estratigráficas se asume una edad paleocénica. De acuerdo con sus características petrográficas es interpretada como parte de un arco volcánico continental.

6.6.4.7. Unidad La Cruz (PcLc).

Distribuida desde la ciudad de Cariamanga hasta el sector de La Vega y Santa Esther en el Río Catamayo, el afloramiento tipo se lo encuentra en la loma La Cruz, otros afloramiento importantes se encuentran en el cerro Yundama, en la loma Cajanuma, los encuentros y en el cerro Guanchilaca.

Se encuentra conformada por aglomerados gruesos, groseramente estratificados, brechas con clastos de lavas andesíticas grises y púrpuras y tobas aglomeráticas. Los aglomerados presentan un alto porcentaje de clastos de lavas y tobas de cristales de diámetro decimétrico en una matriz de ceniza gruesa. Se encuentra sobreyaciendo concordantemente a la Unidad Changaimina, subyace en discordancia erosiva a la Unidad El Fundo y en contacto discordante a la Unidad Ahuaca. Por correlaciones estratigráficas se le atribuye al Paleoceno Medio. (INIGEMM, 2013b)

6.6.4.8. Unidad San Vicente (Pc_{Sv})

Comprende una secuencia volcanosedimentaria que igualmente estuvo incluida como parte de la Formación Sacapalca en el mapa geológico de Cariamanga de (Kennerley, 1973). Se la diferencia y se la caracteriza como Unidad San Vicente, en base a las facies litológicas y a su posición estratigráfica.

Esta Unidad se encuentra aflorando en la cuenca del río Catamayo entre la localidad de Las Cochas al norte y El Suche y Vega al sur. Comprende una secuencia de rocas volcanosedimentarias, depositadas en una llanura de inundación cuyas litologías principales consisten de limolitas tobáceas, pasando a tobas, tobas de lapilli e ignimbritas de composición andesítica de tonalidades grises, areniscas volcánicas finas, estratificadas de coloración verde claro, violeta, amarillo o marrón; en menor proporción se encuentran aglomerados y esporádicos conglomerados mal clasificados con clastos de rocas volcánicas de composición andesítica de color gris, purpura y verdoso. Hacia el Norte, las rocas de esta unidad son sobreyacidas en discordancia por la Unidad Catacocha, mientras que hacia el Sur este se encuentran subyacidas en discordancia por las Unidades Changaimina y La Cruz. Por correlaciones estratigráficas, a esta unidad se la puede atribuir al Paleoceno Superior. (INIGEMM, 2013).

6.6.4.9. Unidad Río Guaucu (PcRg).

Con el nombre de Fm. Sacapalca y redefinida en el mapa geológico de Gonzanamá, escala 1:50 000 (INIGEMM, 2015), como Unidades: Changaimina y Río Guayucu. Conformada por tobas andesíticas estratificadas, areniscas volcánicas, limolitas y arcillolitas, intercaladas con andesitas de color gris y tobas ácidas. Se encuentra sobreyaciendo discordantemente a las rocas volcánicas de la U. Changaimina y en contacto tectónico con rocas metamórficas a lo largo del sistema de fallas Las Aradas. Esta secuencia volcanosedimentaria presenta un espesor de 200 a 300 m. La edad se asume por relaciones estratigráficas y es inferida como paleocénica. (Kennerley, 1973).

6.6.4.10. Unidad Sacapalca ($E?_{SA}$).

Esta unidad ha sido redefinida en base a su litología y posición estratigráfica, diferenciándola de la anterior Formación Sacapalca definida en el mapa geológico de la zona de Cariamanga de (Kennerley, 1973). La Unidad se extiende al norte de la parroquia Changaimina, donde los relieves altos se interrumpen por una probable falla. Afloramientos importantes se observan 2 Km antes de llegar a Sacapalca en la vía Sacapalca-Changaimina.

La litología corresponde a tobas ácidas de composición dacítica riolítica, de color crema con tonalidades verdosas, presentan estructura masiva. Se encuentran medianamente consolidadas y están 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 ácida. Por relaciones estratigráficas se le asigna una edad Eocénica. (INIGEMM, 2013).

6.6.4.11. Unidad Solanda (ESd).

Está formada por conglomerados que se intercalan con capas de tobas ácidas púrpuras de grano muy fino y areniscas de grano grueso de color verdoso. Los principales afloramientos se encuentran en el sector del río Solanda, quebrada Jorupe y cerca del Cerro Muyo Muyo. Sobreyace discordantemente al basamento metamórfico y subyace concordante a la Formación Loma Blanca. (Hungerbühler, Dominik, 1997), le asigna una edad de 36,5 ± 4,4 Ma.

6.6.4.12. Unidad El Ingenio (O?Ei).

Definida en este trabajo con base en la discriminación de las tobas dacíticas y riolíticas, anteriormente incluidas dentro de la Fm. Sacapalca descrita por (Kennerley, 1973). Consta de volcanosedimentos estratificados y no estratificados de tobas líticas, brechas volcánicas heterolíticas color marrón verdosas con líticos volcánicos y metamórficos, a nivel local se encuentran areniscas.

En algunos de sus afloramientos muestran alteraciones hidrotermales como silicificación, argilitización, proplitización y caolinización. Se encuentra sobreyaciendo discordantemente a la U. Río Guayucu y en algunos casos, cubriendo a la unidad volcánica Changaimina; y en contacto tectónico, con las rocas metamórficas a lo largo del sistema de fallas Las Aradas. Presenta espesores de 300 a 400 m. Estratigráficamente se le correlaciona con la Fm. Loma Blanca desarrollada en la cuenca Catamayo-Gonzanamá, donde (Hungerbühler, Dominik, 1997), infiere una posible edad eocénica tardía a oligocénica.

6.6.4.13. Formación Loma Blanca (OM_{Lb})

Esta formación fue reportada en la zona originalmente como una secuencia volcánica por (Kennerley, 1973), quien le asignó al Oligoceno, mientras que (Hungerbühler, Dominik, 1997), la ubicó en el Eoceno Superior-Oligoceno.

En la zona de estudio aflora como una secuencia volcánica de aproximadamente 400 m de espesor, a lo largo de la vía Malacatos – Purunuma. Los principales afloramientos se encuentran en los cerros Minas y Pan de Azúcar y en la Loma Blanca de donde toma su nombre.

Litológicamente consiste de una secuencia de brechas volcánicas de color gris verdoso, polilíticas, con clastos de limolitas y andesitas de tamaño centimétrico, subangulares, clastosoportados en matriz tobácea, con alteración propilítica. Se intercalan con tobas andesíticas púrpuras y areniscas finas volcánicas color púrpura, con granos subredondeados de rocas volcánicas; esporádicamente se presentan lavas andesíticas de color gris purpura, textura subporfirítica fluidal, con cristales de plagioclasa y anfíboles.

6.6.4.14. Batolito De Portachuela (MP).

El Intrusivo de Portachuela de edad Mioceno-Oligoceno, se encuentra intruyendo a las Unidades Tres Lagunas, contiene cuarzo, feldespato potásico y hornblendas como minerales principales, en ocasiones presenta minerales secundarios como clorita, epidota y arcillas. Dentro de la zona de estudio el Batolito de Portachuela abarca una extensión aproximada de 41 km^2, formando un cuerpo alargado de dirección N-S. Aradas se localizan afloramientos en las localidades de Pajas, Cerro Collingora, Cerro Mostrenga y Contrafuerte de Sabanilla. (Litherland, Aspden, & Jemielita, 1994).

6.6.4.15. Unidad Ahuaca (MAh).

Se localiza en los alrededores del cerro Ahuaca, donde adquiere su nombre, ubicado al norte de la ciudad de Cariamanga. Está constituida principalmente de tobas dacíticas de color gris claro a blanco con tonos rosa, debido al alto contenido de arcillas y óxidos como hematita, por fuertes procesos de meteorización que se observan claramente en estas rocas. Las tobas se encuentran estratificadas, con leve buzamiento hacia el noreste y con ángulos moderados al noroeste en otros sectores, con lo que se asume un espesor de aproximadamente 300 a 500 metros para esta unidad. (INIGEMM, 2013), asigna una edad Mioceno por correlación estratigráfica con el Grupo Saraguro de finales del Oligoceno.

En algunos afloramientos las tobas se encuentran muy diaclasadas, meteorizadas y alteradas, con oxidación superficial, a veces transformadas en arcilla y caolín de color blanco y rojizo, como se puede observar en la salida de Cariamanga por la vía que se dirige hacia Amaluza.

6.6.4.16. Formación Gonzanamá (MGz).

Los principales afloramientos se localizan en la vía Nambacola - Gonzanamá – Quilanga y remanentes aislados en el sector de Sasaco. Se compone de tres miembros no discriminados cartográficamente.

El Miembro Inferior está formado por secuencias de brechas andesíticas de color café grisáceo que se intercalan areniscas gruesas amarillentas. El Miembro Intermedio incluye estratos métricos de calizas micríticas, margas y limolitas calcáreas, variando al tope a sedimentos siliciclásticos constituidos por tobas blancas, areniscas finas gris amarillentas y grauvacas finas verdosas. El Miembro Superior está constituido a la base

por brechas volcanosedimentarias de color marrón y riolitas. (Hungerbühler, Dominik, 1997), reporta edades entre 14,4±1,8 a 16,4±3,8 Ma y su ambiente depositacional estaría relacionado a sistemas lacustres-palustres con sedimentación carbonatada (Corrochano , 2014).

6.6.4.17. Formación Catamayo (MCa).

Se localiza en la parte sur de la cuenca sedimentaria de Catamayo, desde el norte en el barrio Santo Domingo de Guzmán hasta el sur en el sector de Santa Rita. Está constituida por lutitas y limolitas de tonalidades verdes y púrpuras, con variación gradual hasta areniscas con aporte volcánico; incluye niveles de tobas estratificadas de composición dacítica. (Jaillard, y otros, 1996)

Se han observado también brechas sedimentarias con líticos metamórficos intercaladas con lutitas y limolitas de tonos rojizos y verdosos. La edad correspondería al Mioceno según (Hungerbühler, y otros, 2002).

6.6.4.18. Unidad Illaca (MIl).

Definida por los afloramientos expuestos en San José de Illaca y Uruchambo. Está constituida por tobas de composición dacítica con tonalidades verdosas, cremas y púrpuras. Por sus relaciones estratigráficas se le atribuye una edad miocénica. (INIGEMM, 2017)

6.6.4.19. Unidad Huayco (MHy).

Definida por afloramientos ubicados en el sector del Huayco, cerca de la quebrada Jacapo y en el sector de La Era. Consiste de aglomerados con clastos de andesitas porfiríticas en matriz arenosa, con intercalaciones de flujos de brechas volcánicas. Por las relaciones estratigráficas, su edad se estima como miocénica. (INIGEMM, 2017)

6.6.4.20. Unidad El Fundo (PLF).

Se la define como una unidad que constituye remanentes del relleno de una microcuenca. Estos materiales se confunden con una secuencia de conglomerados y tobas retrabajadas, además se encuentran depósitos fluvio-lacustres bien estratificados, depósitos de avalanchas y flujos de lodo. Los conglomerados se encuentran mal clasificados y entre los depósitos fluvio-lacustres se encuentran areniscas, limolitas y lutitas poco consolidados, con estratificación subhorizontal a horizontal en capas decimétricas de tonalidades crema, púrpura y gris. Los flujos de lodo contienen clastos

subangulares de composición andesítica de diferente tamaño, que van desde centimétricos a decimétricos. Esta unidad se encuentra sobreyaciendo discordantemente a las rocas volcánicas de las Unidades Changaimina y La Cruz. Por correlaciones estratigráficas, esta unidad es considerada de edad Pliocénica. (INIGEMM, 2013b)

6.6.4.21. Unidad Culanga (PLCu).

Los principales afloramientos ubicados a lo largo de la vía Sasaco - Culanga. Está constituida por brechas piroclásticas de composición andesítica, de color gris claro a crema; además de tobas con clastos volcánicos. Se le asigna una edad pliocénica por sus relaciones estratigráficas. (INIGEMM, 2013b).

6.6.4.22. Unidad El Carmen Del Laurel (PLCl).

Corresponde a una discriminación de la Fm. Sacapalca en la Hoja Geológica de Gonzanamá 1:50 000 efectuada por (INIGEMM, 2015). Es una secuencia volcanosedimentaria moderadamente soldada, en su mayor parte constituida por depósitos laharíticos recientes. Los afloramientos están en los sectores de Los Llanos, Santa Ana, La Palma. Consta de flujos con clastos centimétricos polimícticos, intercalados con estratificaciones subhorizontales por areniscas tobáceas de grano medio con alto magnetismo, en algunos sectores atravesado por vetillas de yeso y anhidrita. Se presentan depósitos laharíticos, moderadamente soldados, tienen guijarros y cantos subangulares a subredondeados, soportados en una matriz arenosa de grano fino; los clastos son de andesitas porfiríticas. Estos lahares están sobreyaciendo discordantemente a la U. El Ingenio; por sus relaciones estratigráficas se infiere que su edad es pliocénica, con un espesor de ~ 100 a 200 m.

6.6.4.23. Unidad Quilanga (PLQl).

Aflora en la vía Gonzanamá - Quilanga – Purunuma. Litológicamente consiste de lavas basálticas subporfiríticas de color negro, estructura columnar. Sobreyace discordantemente a la Formación Gonzanamá y a la Unidad El Carmen del Laurel y se infiere una edad pliocénica**,** (INIGEMM, 2016)

6.6.4.24. Depositos Cuaternarios

Depósito Glaciar (QG). Están distribuidos en la divisoria de aguas del Contrafuerte de Sabanilla y en cotas superiores a los 3300 msnm. Se los ha identificado

mediante fotografías áreas y control de campo, estos depósitos son producto de las glaciaciones ocurridas en el Pleistoceno, están representados por morrenas y tilitas.

Depósito Aluvial (QA). Son depósitos jóvenes ubicados en las márgenes de los principales ríos como Pindo, Chiriyacú, Aguacola, Chinguila, Rio Calvas entre otros. Consiste de cantos rodados y bloques subredondeados a redondeados con gravas, arenas finas y limos, originados por el transporte y sedimentación del material clástico.

Depósitos Coluviales (QC). Estan distribuidos en la Falla Bella María, en la vía al Lucero entre otros. Se trata de depósitos agradacionales acumulativos formados por material meteorizado y bloques angulosos de rocas volcanosedimentarias, transportadas por acción de la gravedad hacia el pie del talud.

6.6.4.25. Rocas Intrusivas.

Dioritas (DD). Se encuentran en la vía Sasaco–Matala. Son rocas masivas, fuertemente diaclasadas, de color gris oscuro, textura alotriomórfica con cristales de plagioclasa y anfíbol, localmente con alteración propilítica. Otro afloramiento se encuentra bordeando la parte N de la granodiorita de Tangula, asociado posiblemente a la última fase del emplazamiento de este. Las dioritas conforman las geoformas de lomas redondeadas que se extienden por los sectores de: Qda. Chungue, Qda. Linuma, loma entre las quebradas Yanbilla y El Guineo.

Granodioritas (GGd). Estos cuerpos intrusivos han sido definidos por diferentes autores e identificados como El Tingo, Rodanejo y Palo Blanco.

El intrusivo El Tingo de 47 Ma (Kennerley, 1973) se ubica cerca de Nambacola. Es una roca plutónica de color gris claro, con textura fanerítica, a veces con xenolitos de andesitas basálticas que pertenecerían a la Unidad Changaimina. Los minerales principales que presenta son cuarzo, plagioclasa, feldespato alcalino y anfíbol.

El intrusivo Palo Blanco que tiene 21,2 Ma (Jaillard y otros, 1996) se encuentra expuesto en la carretera Pueblo Nuevo – Corral Chico. El intrusivo tiene textura fanerítica, de tonalidad gris claro, con plagioclasa y anfíbol.

El intrusivo Rodanejo de edad de 38,7 Ma (Hungerbühler y otros, 2002), toma su nombre de la quebrada Rodanejo ubicada en la parte centro oeste del área y en la quebrada Santo Tomás. Es de textura fanerítica con plagioclasa , cuarzo, feldespato alcalino y anfíbol.

Granodiorita Tangula (KTa). Complejo intrusivo de gran dimensión que intruye a las secuencias aflorantes en la región oriental de la Cuenca Lancones-Alamor. Regionalmente tiene forma de herradura abierta hacia el sur con prolongaciones irregulares hacia territorio peruano. Por lo general, se presenta muy meteorizada, los afloramientos donde se conserva localmente su estructura cristalina se ubican alrededor de Macará y en el tramo Sabiango-Sozoranga.

La Granodiorita Tangula está constituida por al menos 3 fases de intrusión, iniciando con una composición básica con el desarrollo de dioritas que frecuentemente se encuentran cerca del perímetro de los plutones y probablemente represente la fase inicial de la actividad ígnea, pasando posteriormente por granodioritas, litología de mayor ocurrencia y finalmente con la formación de rocas acidas como granitos que se presentan esporádicamente en el área. En todos los afloramientos es común observar inclusiones o xenolitos de rocas volcánicas básicas (Unidad Punta de Piedra) tanto en las zonas de contacto y fuera de ella.

Presenta una afinidad calco-alcalina emplazado en un arco volcánico continental (INIGEMM, 2013); y ha sido asignada una edad de Cretácico Superior (Cenomaniense) (Pilatasig , Gordon, Palacios, & Sánchez, 2007).

6.6.4.26. Rocas Subvolcanicas

Estos cuerpos tardíos se presentan no mayores a 1 km^2 y en forma de diques que cortan al basamento metamórfico y a las rocas volcánicas continentales del Paleoceno y Oligoceno, se han emplazado a lo largo de fallas regionales y locales.

Pórfidos de composición andesítica (Pan) afloran en la vía Lanzaca – Puerto Bolívar como rocas de color gris marrón, textura porfirítica, con hornblenda y plagioclasa.

Pórfidos riodacíticos (Prd) Los cuerpos más representativos se tienen en el sector de Cangochara, donde se desarrolla un pseudo stock work emplazado en una zona

de debilidad de un pórfido diorítico con presencia de sericita, vetillas milimétricas de cuarzo y óxidos de hierro. Y el pórfido ubicado en Sanambay, donde se emplaza un cuerpo afectado por alteración argílica, con vetillas de jarosita y hematita, fuertemente cizallado. Otros pórfidos riodacíticos se presentan en el sector de Purunuma y en la vía Gonzanamá – Quilanga, donde a floran rocas de color gris blanquecino, textura porfirítica con cristales de plagioclasa y cuarzo.

Pórfidos dacíticos (Pdc) afloran en el sector de San José como rocas de color gris blanquesino con fenocristales de cuarzo; otro afloramiento se encuentra en la loma de San Juan, aparecen como rocas masivas de color gris marrón, con textura porfirítica, con cristales subhedrales de hornblenda y plagioclasa.

Pórfidos dioríticos (Pd), definidos como antiguas chimeneas volcánicas que han conservado sus geoformas de lomas puntiagudas en ocasiones redondeadas sobresalen por Cariamanga y se encuentran constituidos por dioritas de textura porfirítica.

Pórfidos rioliticos (Pr) se localiza en los alrededores de las Lomas Antón y Caguamine este cuerpo tardío presenta una distribución espacial de alrededor de 4 km^2 y se dispone cortando a las rocas cretácicas de la Granodorita Tangula y la Unidad Punta de Piedra, se trata de rocas de coloración blanquesina con tonalidades amarillentas en superficies frescas, de textura porfirítica, donde se observan abundantes fenocristales de feldespatos y cuarzo emplazados en una matriz cristalina.

6.6.4.27. Brechas

Brechas (B) Estos cuerpos se encuentra ubicado en el contacto entre el batolito de Portachuela y la U. Chigüinda, emplazado en una falla de dirección NO - SE, se le infiere una dimensión de 1 km de ancho por 2 km de largo. Presentan clastos subredondeados de metapelitas y cuarcitas con líticos intrusivos en una matriz volcánica porfirítica con pátinas de carbonatos; en general la roca tiene alteración argílica media, en la matriz. Al Este de la loma El Tablón existen brechas de tipo freáticas. (VER ANEXO 1. Mapa Geológico Regional).

6.6.5. Geología local:

La zona de estudio comprende una extensión de 2700.25 km^2, mediante la información geológica obtenida en esta investigación, se determinó que la formación predominante la formación Sacapalca, que abarca el 47,2% del área de estudio es decir un área de 1700.2 km^2 la cual está formado por rocas acidas de composición dacitica riolitica, de edad Eoceno, estas estructuras preferentemente masivas y afectadas por diques andesiticos

La formación denominada Batolito de Portachuela es la segunda en importancia, representando un 27.27% del área total que equivale a 736.33 km^2, esta unidad corresponde a granodioritas y granitos de grano grueso.

La tercera formación denominada unidad Punta de Piedra, representa un 9.52% de la zona de estudio es decir un área de 257.06km^2, constituido principalmente de basaltos de textura afanítica medianamente fracturados.

La formación Chiguinda presenta un área de 196.4 km^2 lo que equivale a un 7.17% del área total, compuesta por rocas metamórficas de bajo grado como son: esquistos verdes, pizarras, filitas, cuarcitas.

En el mapa geológico local se realizó la descripción de aquellos sitios prospectivos de minerales no metálicos, mediante la descripción de los siguientes (210) afloramientos:

6.6.5.1. Arcillas.

En el sector de Quilanga a 5 km del centro de Quilanga, en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (675495; 9527501), se recolectó una muestra con el código QL-R-7, se evidenció un afloramiento que se encuentra al lado de la vía, está constituido principalmente por material arcilloso de color amarillento a rosado, poco compacto y altamente plástico con escasa cobertura vegetal, el afloramiento tiene una altura de 5 metros con una longitud de 20 metros aproximadamente.

Foto

Fotografía 1. Afloramiento arcillas.
Fuente: Julio Torres, 2020

El en sector de Utuana, perteneciente al Cantón Calvas en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (644333; 9520175), con el código CL-R-12 al margen de la vía Cariamanga-Macará; se evidenció un estrato de arcillas de coloración rosado a blanco, la coloración es por posible presencia de óxido de hierro; dicho afloramiento posee una escasa cobertura vegetal; posee una altura de 8 metros con una longuitud de 20 metros; su origen posiblemente se debe a la alteración del intrusivo de Tangula.

Foto

Fotografía 2. Afloramiento arcillas.
Fuente: Julio Torres, 2020

En el sector de Sacapalca, perteneciente al Cantón Gonzanamá en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (673164; 9535359), se recolectó una muestra con código GN-R-36; donde se observó al margen derecho de la entrada a Sacapalca un afloramiento perteneciente a una toba Riolítica altamente alterada a arcilla muy plástica de coloración blanca amarillenta con escasa cobertura vegetal, dicho afloramiento tiene 6 metros de altura y 15 metros de longitud.

Foto

Fotografía 3. Afloramiento arcillas.
Fuente: Julio Torres, 2020

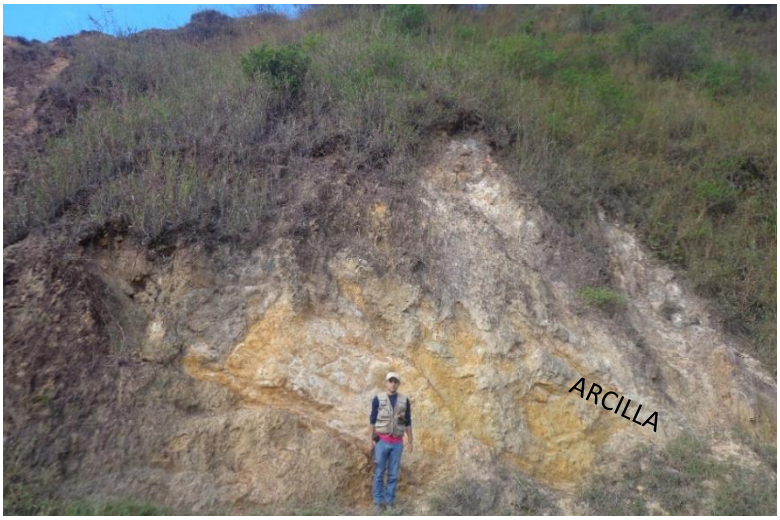
En el sector de Yambaca, perteneciente al Cantón Calvas en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (658366; 9519300), se recolecto una muestra con código CL-R-20 al margen derecho de la vía Cariamanga. Yambaca, donde se evidencio la presencia un afloramiento de Tobas dacíticas altamente alteradas de color blanco a rosado por la presencia de óxidos de hierro, se trata de material arcilla caolinítica, el afloramiento posee una altura de 7 metros con un largo de 12 metros.

Foto

Fotografía 4. Afloramiento Arcillas.
Elaborado por: Julio Torres, 2019

En Nambacola, perteneciente al cantón Gonzanamá en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (665492; 9537334), se recolectó una muestra con código GN-R-40; donde se evidenció un afloramiento de 6 metros de altura con una longitud de 20 metros; consiste en una brecha de composición dacítica altamente meteorizada a arcilla de coloración gris claro a blanco, se evidencia la presencia de plagioclasas y óxidos de hierro (hematita).

Foto

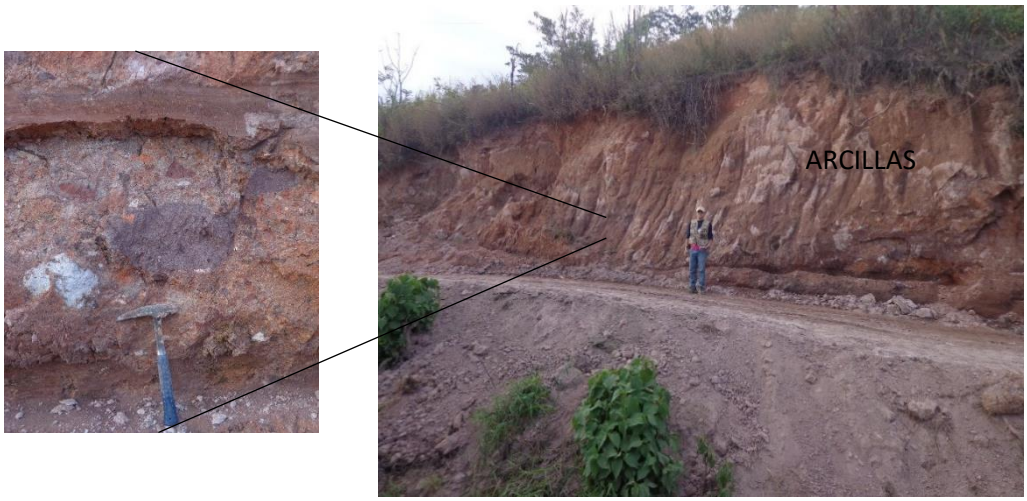


Fotografía 5. Afloramiento arcillas.
Fuente: Julio Torres, 2020

En el sector de Changaimina, perteneciente al Cantón Gonzanamá en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (662105; 95335911), se recolectó una muestra con

código GN-R-42; donde se evidenció un afloramiento de 6 metros de altura con una longitud de 12 metros, con escasa cobertura vegetal; consiste en arcillas de coloración purpura, debido a que las brechas piroclasticas han sufrido una intensa meteorización se encuentra el afloramiento en estado arcilloso.

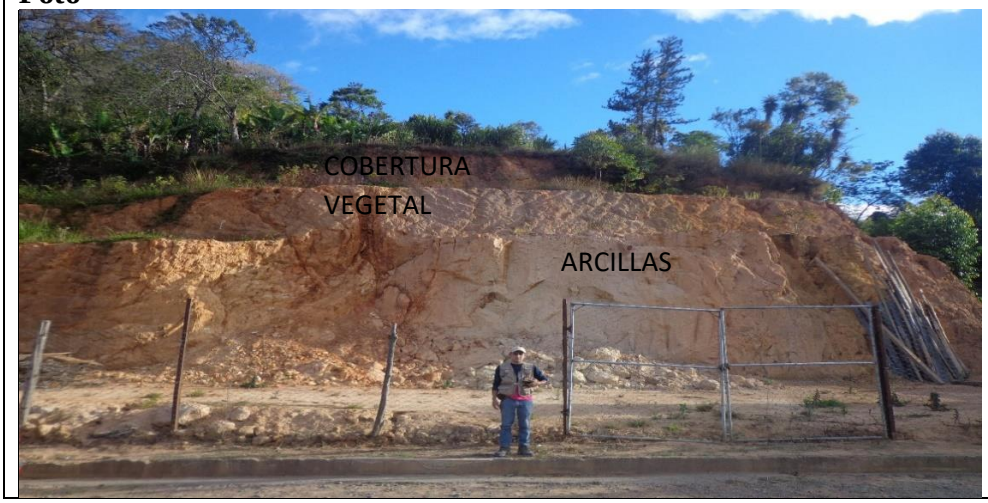
Foto



Fotografía 6. Afloramiento arcillas.
Fuente: Julio Torres, 2020

En la parroquia de Changaimina, perteneciente al Cantón Gonzanamá en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (663974; 9533022), se recolectó una muestra con código GN-R-43, la presencia de arcillas de color blanco amarillento, posible alteración de una toba riolítica perteneciente a la formación Changaimina, dicho afloramiento posee una altura de 5 metros con un largo de 25 metros aproximadamente.

Foto



Fotografía 7. Afloramiento arcillas.
Fuente: Julio Torres, 2020

En el sector de Las Totoras, perteneciente al Cantón Calvas en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (660597; 9518600), se recolectó una muestra con código CL-R-48; donde se evidenció un afloramiento de 5 metros de altura con una longitud de 10 metros, presenta bastante cobertura vegetal; dicho afloramiento pertenece a la formación Ahuaca; compuesto principalmente por una intrusión de un cuerpo masivo de composición rio-dacitica de textura porfirítica altamente alterado transformado en arcillas caoliniticas de coloración gris claro a rosado medianamente plásticas, visualmente se pudo identificar minerales como feldespatos alterados a caolín.

Foto

Fotografía 8. Afloramiento arcillas.
Fuente: Julio Torres, 2020

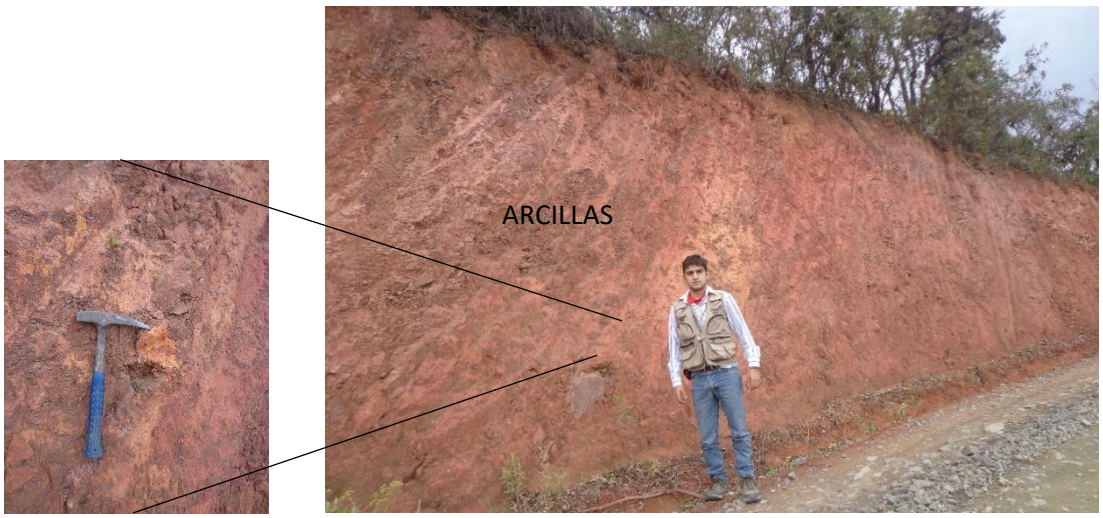
En el sector de Cariamanga, perteneciente al Cantón Calvas en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (658386; 9522236), se recolectó una muestra con código CL-R-82; donde se evidenció un afloramiento de 5 metros de altura con una longitud de 12 metros, presenta bastante cobertura vegetal; constituido por arcillas de color gris a morado se encuentra altamente meteorizado; además se evidenciaron bloques decimétricos de composición acida dacita-riolita de coloración blanco a amarillento, algunos de estos bloques presentan vetillas de sílice y otros sílice oqueroso "vuggy silica", cabe recalcar que estos bloques están dispuestos de manera esporádica y corresponden a la Unidad Ahuaca.

Foto

Fotografía 9. Afloramiento arcillas.
Fuente: Julio Torres, 2020

En el sector de Colaisaca, perteneciente al Cantón Calvas en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (644395,9522402), se recolectó una muestra con código CL-R-89; donde se evidenció un afloramiento de 4 metros de altura con una longitud de 10 metros, presenta bastante cobertura vegetal; constituido por arcillas de coloración amarillento a rojizo por presencia de óxidos de Fe, las arcillas poseen alta plasticidad, se observan además fragmentos de algunos decímetros de diámetro alterados a arcillas bien compactos.

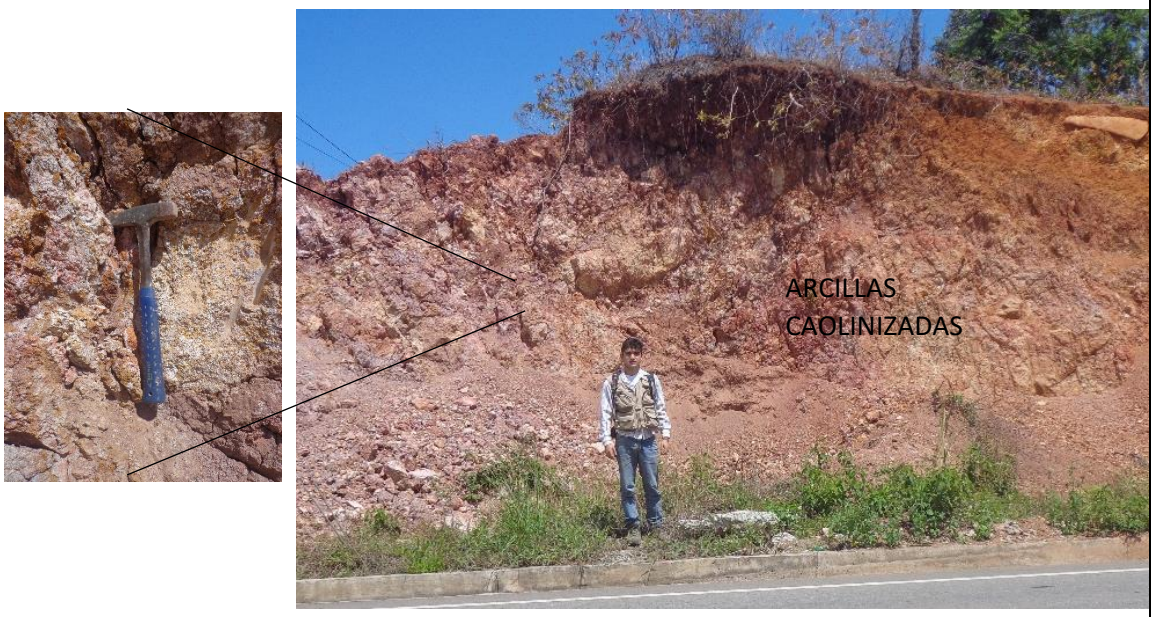
Foto



Fotografía 10. Afloramiento arcillas.
Fuente: Julio Torres, 2020

En el sector de Tierras Coloradas, perteneciente al Cantón Calvas en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (660702,9525210), se recolectó una muestra con código CL-R-109; donde se evidenció al margen izquierdo de la vía Cariamanga-Gonzanamá un afloramiento de 3 metros de altura con una longitud de 12 metros, presenta escasa cobertura vegetal; consiste en una arcilla-caolinizada de color amarillento a rojizo por la presencia de óxidos de hierro, se encuentra altamente meteorizada, posible alteración de tobas dacíticas de la formación Ahuaca.

Foto



Fotografía 11. Afloramiento arcillas.
Fuente: Julio Torres, 2020

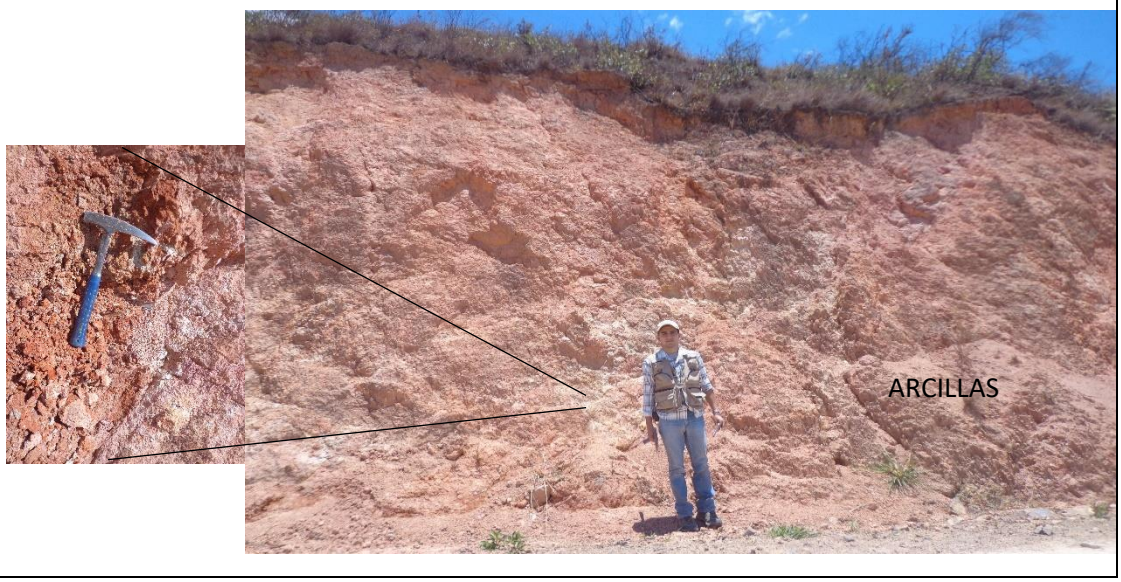
En la vía El Guabo-Gonzanamá, en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (680491, 9533143), se recolectó una muestra con código GN-R-126; donde se evidenció un afloramiento de 3 metros de altura con una longitud de 6 metros, presenta basta cobertura vegetal; consiste en una arcilla altamente plástica de color amarillento a rojizo por presencia de óxidos de hierro, se trata de posible descomposición del pórfido Rio-Dacítico, visualmente se puede evidenciar la presencia de fenocristales de feldespatos alterados a caolín.

Foto

Fotografía 12. Afloramiento arcillas.
Fuente: Julio Torres, 2020

En el sector de Bellavista, perteneciente al Cantón Espíndola en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (671601; 9496646), se recolectó una muestra con código GN-R-76; donde se evidenció un afloramiento de 6 metros de altura con una longitud de 18 metros, presenta escasa cobertura vegetal; consiste en arcillas de color blanco a rojizo por presencia de óxidos medianamente compacto, posible alteración de una brecha andesítica de la formación Changaimina.

Foto

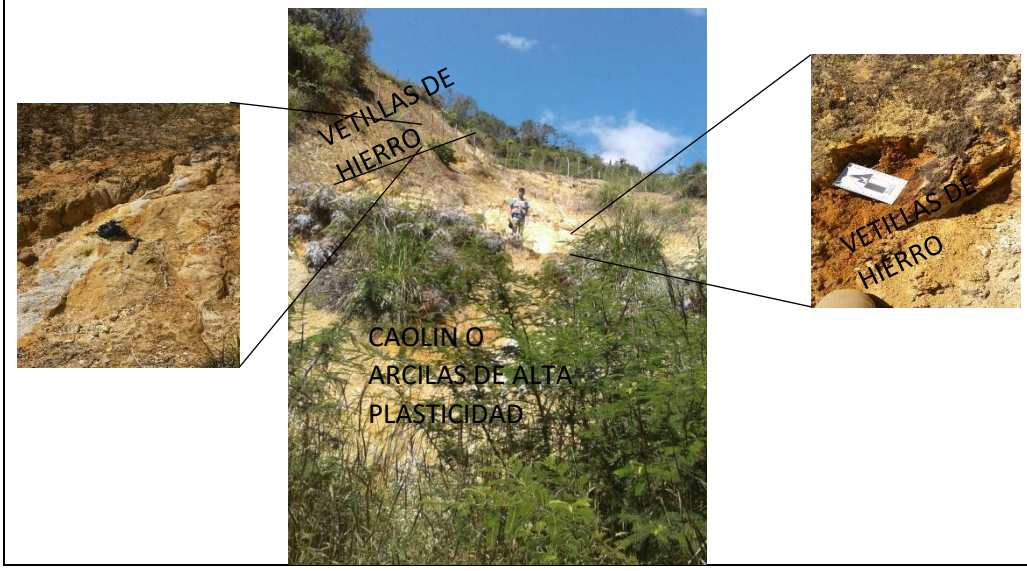


Fotografía 13. Afloramiento Arcillas.
Fuente: Julio Torres, 2020

6.6.5.2. Caolín.

En el sector de Macaicanza, perteneciente al Cantón Calvas en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (665304; 9520539), se recolectó una muestra con código CL-R-3; donde se evidenció al margen derecho de la vía Cariamanga-Lucero un afloramiento constituido por arcillas de color amarillento a blanco posible caolín por su textura cerosa; este afloramiento tiene una altura de 18 metros y un largo de 50 metros; posee unas vetillas de óxido de hierro de unos 0.15 metros aproximadamente medianamente alterado con un Rumbo S30°E/59°SW.

Foto



Fotografía 14. Afloramiento Caolín
Fuente: Julio Torres, 2020

6.6.5.3. Feldespatos

En el sector de Macaicanza, perteneciente al Cantón Calvas en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (664511; 9522720), se recolectó una muestra con código CL-R-2; donde se evidenció al margen derecho de la vía Cariamanga-Lucero un afloramiento constituido por dacitas con gran existencia de feldespatos de color blanco; este afloramiento tiene una altura de 25 metros y un largo de 18 metros; escasamente alterado, se evidencia la presencia de una falla tipo normal con una dirección 186°/74°S, presentando meteorización alrededor de la falla, el afloramiento presenta un Rumbo N84°E/29SE°.

Foto

Fotografía 15. Afloramiento Feldespatos.
Fuente: Julio Torres, 2020

En el sector de Chalacanuma perteneciente al Cantón Calvas en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (661252; 9513479), se recolectó una muestra con código CL-R-27; perteneciente a la formación Ahuaca, donde se observó la presencia de una toba Riolítica altamente meteorizada con material feldespático de coloración blanco a amarillenta

Foto

Fotografía 16. Afloramiento Feldespatos.
Fuente: Julio Torres, 2020

En el sector del Atillo, perteneciente al Cantón Calvas en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (654022; 9526875), se recolectó una muestra con código CL-R-86; perteneciente a la granodiorita de Tangula, este afloramiento tiene una altura de 3 metros y un largo de 15 metros donde se observó la presencia de un dique de composición riolítica-dacítica de coloración blanca a gris claro medianamente alterado, presenta coloración rojiza por presencia de óxidos de Fe en superficie; se pudo identificar en la roca ramificaciones de color negro que posible óxidos de manganeso

Foto

Fotografía 17. Afloramiento Feldespatos.
Fuente: Julio Torres, 2020

En el sector de Collingora, perteneciente al Cantón Espíndola en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (677818; 9501729), se recolectó una muestra con código ES-R-61; donde se evidenció un afloramiento de 5 metros de altura con una longitud de 12 metros, presenta escasa cobertura vegetal; consiste en una toba de composición riolítica alterada de coloración amarillenta con presencia de óxidos de fe, contiene clastos subangulares de composición andesitica de diámetro medio, en un análisis visual se pudo evidenciar la presencia de minerales como cuarzo, plagioclasas y feldespatos

Foto

Fotografía 18. Afloramiento Feldespatos.
Fuente: Julio Torres, 2020

6.6.5.4. Caliza.

En el sector de Nambacola perteneciente al Cantón Gonzanamá en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (674348; 9539967), se observó un afloramiento que posee una altura de 10 metros con una longitud de 12 metros; consiste de estratos rítmicos de areniscas calcáreas de grano grueso color amarillo y vetillas centimétricas de calcita, que se intercalan con estratos métricos de limolitas negras con nódulos de calcita, dichas calcitas presentan una alta reacción al ácido clorhídrico al 5%.

Una de las dificultades para la explotación de este mineral es la escasa potencia y las impurezas que presenta entre sus estratos. Lo cual elevaría los costos de extracción y tratamiento de dicho mineral. El afloramiento presenta un Rumbo de N25E°/24NW°.

Foto

Fotografía 19. Afloramiento Calizas.
Fuente: Julio Torres, 2020

6.6.5.5. Arena Silícea.

En el sector de Yambaca, perteneciente al Cantón Calvas en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (657896; 9516589), se evidenció la presencia de una posible ceniza volcánica o material volcano-sedimentario de granulometría homogénea con alto contenido de sílice. Dicho afloramiento tiene una altura de 5 metros con un largo de 17 metros aproximadamente.

Foto

Fotografía 20. Afloramiento Arena Silícea.
Fuente: Julio Torres, 2020

6.7. Análisis de las muestras:

Los diferentes análisis realizados a las muestras más representativas han permitido identificar los minerales que permitan calificar por su ausencia o presencia, las muestras más idóneas para el uso en la fabricación de la cerámica plana.

Para la obtención de estos resultados se realizó en primera fase en estado natural y en segunda fase a los bloques cerámicos realizados con las mismas arcillas, a continuación, se detallan los resultados obtenidos por cada muestra.

6.7.1. Resultados de las Muestras.

Las muestras fueron enviadas a los laboratorios de Ingenieros Consultores Constructores Villavicencio (ICCV), para la realización de los ensayos Físicos y mecánicos; y al laboratorio de beneficio de minerales de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) para la obtención de los análisis químicos; cuyos resultados son los siguientes:

a) Muestra CL-R-2

La muestra fue recolectada en el sector de "Macaicanza" en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (664511; 9522720), al ser una muestra de roca volcánica se realizó únicamente análisis químico por fluorescencia de rayos, para obtener la composición química en porcentaje dando como resultado lo siguiente: SiO_2=61%; Al_2O_3=15.2%; CaO=1.36%; P_2O_5=0.31; K_2O=0.59%; Fe_2O_3=0.88%; TiO_2=0.141%; Co_3O_4=0.24%; otros compuestos 20.279%.

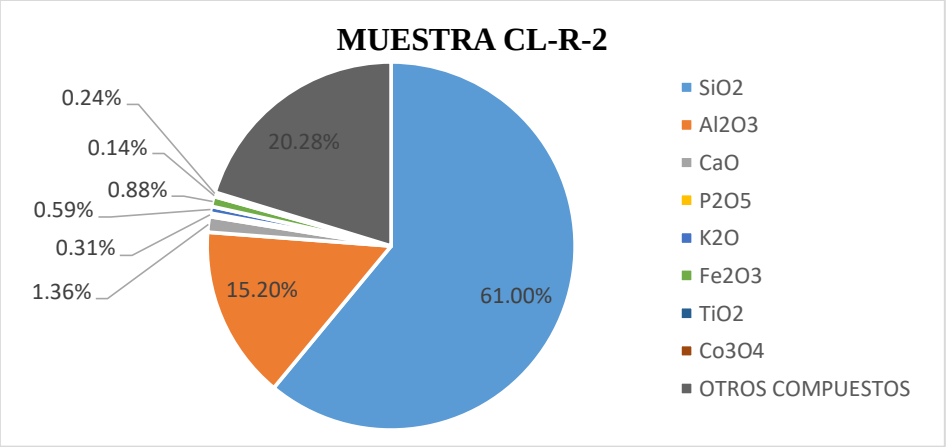


Grafico 6 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-2.
Fuente: Julio, 2020.

b) Muestra CL-R-3

La muestra fue recolectada en el sector de "Macaicanza" en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (665304; 9520539), se realizó los ensayos físicos, mecánicos, químicos y de la pasta cerámica dando los siguientes resultados. Tabla 7.

Tabla 6. Características físicas, mecánicas, químicas y de la pasta cerámica de la muestra CL-R-3.

MUESTRA CL-R-3			
Propiedades			
FÍSICAS	**MECÁNICAS**	**QUÍMICAS**	**DE LA PASTA CERÁMICA**
Humedad retenida: 16.95% **Granulometría húmeda:** 31.23 % **Contracción lineal:** 4%	**Limite liquido:** 41.23 **Limite plástico:** 18.43 **Índice de plasticidad**: 23 **Clasificación ASHTO:** Arcilla de baja plasticidad (A-7-6) **Clasificación SUCS:** CL (arcillas inorgánicas de plasticidad media a baja)	**Composición química elementos mayoritarios:** SiO_2, Al_2O_3, CaO, P_2O_5, K_2O, Fe_2O_3, TiO_2, Co_3O_4, otros compuestos.	**Color de quema:** marrón pálido **Temperatura de quema:** 1020-1050°C **Contracción lineal después de la quema:** 5% **Humedad retenida por ignición:** 20.40%

Fuente: Julio Torres, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, nos indican la siguiente composición química en cantidades porcentuales: SiO_2=51.8%; Al_2O_3=26.8%; CaO=0.27%; P_2O_5=0.29; K_2O=0.83%; Fe_2O_3=0.61%; TiO_2=0.45%; Co_3O_4=0.17%; otros compuestos 18.78%.

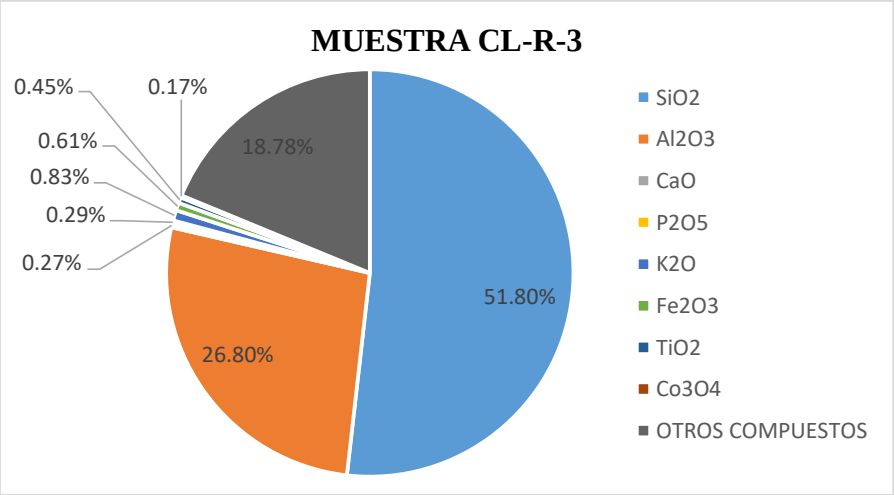


Grafico 7 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-3.
Fuente: Julio, 2020.

El bloque de cerámica obtenido de esta muestra es producto de la quema a una temperatura de 1020 a 1050°C, por un lapso de 7:15 horas dando como resultado una figura uniforme, no presenta fisuramiento, teniendo una contracción lineal natural de 4% y una contracción lineal total de 5%, su color después de la quema da un marrón pálido.

Fotografía 21 Bloque cerámico de la muestra CL-R-3
Fuente: Julio Torres, 2020.

c) Muestra QL-R-7

La muestra fue recolectada en el cantón de "Quilanga" en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (675495; 9527501), se realizó los ensayos físicos, mecánicos, químicos y de la pasta cerámica dando los siguientes resultados. Tabla 7.

Tabla 7. Características físicas, mecánicas, químicas y de la pasta cerámica de la muestra QL-R-7.

MUESTRA QL-R-7			
Propiedades			
FÍSICAS	**MECÁNICAS**	**QUÍMICAS**	**DE LA PASTA CERÁMICA**
Humedad retenida: 21.88% **Granulometría húmeda:** 27.16% **Contracción lineal:** 4%	**Limite liquido:** 46.93 **Limite plástico:** 23.4 **Índice de plasticidad:** 24 **Clasificación ASHTO:** A-7-6 **Clasificación SUCS:** CL(Arcilla de baja plasticidad)	**Composición química elementos mayoritarios:** SiO_2, Al_2O_3, CaO, P_2O_5, Fe_2O_3, TiO_2, Co_3O_4, otros compuestos	**Color de quema:** cobre **Temperatura de quema:** 1020-1050°C **Contracción lineal después de la quema:** 6% **Humedad retenida por ignición:** 18%

Fuente: Julio Torres, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, nos indican la siguiente composición química: SiO_2=47.7%; Al_2O_3=27.4%; CaO=0.12%; P_2O_5=0.26; K_2O=no detectado; Fe_2O_3=3.36%; TiO_2=0.39%; Co_3O_4=0.89%; otros compuestos 19.88%.

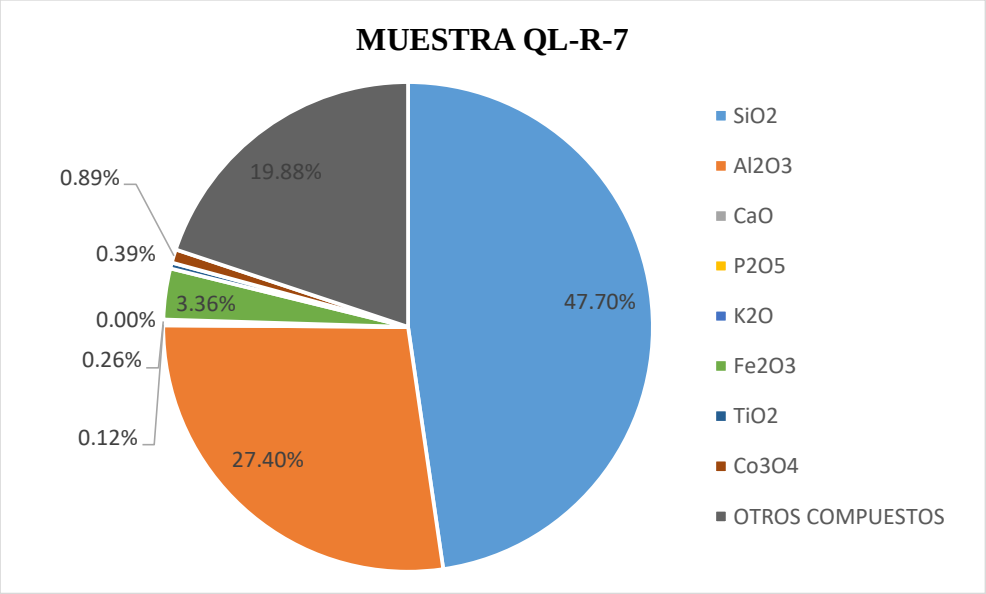
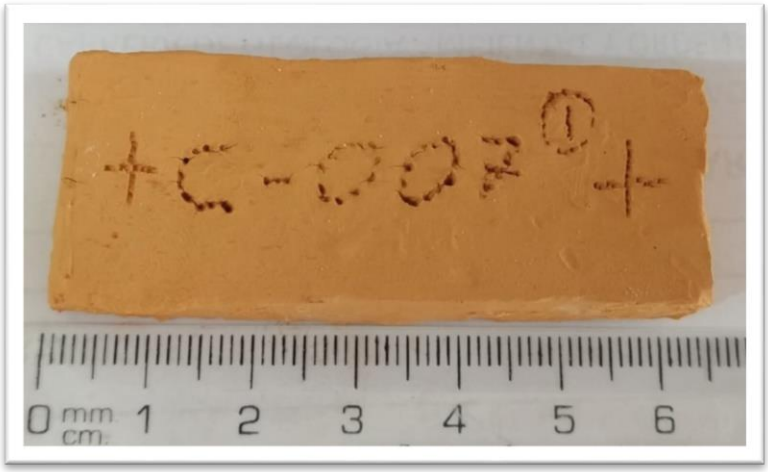


Grafico 8 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra QL-R-7
Fuente: Julio Torres, 2020.

El bloque de cerámica obtenido de esta muestra es producto de la quema a una temperatura de 1020 a 1050°C, por un lapso de 7:15 horas dando como resultado una figura uniforme, no presenta fisuramientos, teniendo una contracción lineal natural de 4% y una contracción lineal total de 6%, su color después de la quema es cobre.



Fotografía 22 Bloque cerámico de la muestra QL-R-7
Fuente: Julio Torres, 2020.

d) Muestra CL-R-12

La muestra fue recolectada en el cantón de "Calvas" en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (644333; 9520175), se realizó los ensayos físicos, mecánicos, químicos y de la pasta cerámica dando los siguientes resultados. Tabla 8.

Tabla 8. Características físicas, mecánicas, químicas y de la pasta cerámica de la muestra CL-R-12.

MUESTRA CL-R-12			
Propiedades			
FÍSICAS	**MECÁNICAS**	**QUÍMICAS**	**DE LA PASTA CERÁMICA**
Humedad retenida: 5.36% **Granulometría húmeda:** 23.03% **Contracción lineal:** 6%	**Limite liquido:** 38.22 **Limite plástico:** 15.11 **Índice de plasticidad:** 23 **Clasificación ASHTO:** A-6 **Clasificación SUCS:** CL(arcilla de baja plasticidad)	**Composición química elementos mayoritarios:** SiO_2, Al_2O_3, CaO, P_2O_5, K_2O, Fe_2O_3, TiO_2, Co_3O_4, otros compuestos	**Color de quema:** ocre dorado **Temperatura de quema:** 1020-1050°C **Contracción lineal después de la quema:** 6% **Humedad retenida por ignición:** 9.34%

Fuente: Julio Torres, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, nos indican la siguiente composición química: SiO_2=62.7%; Al_2O_3=22.8%; CaO=0.14%; P_2O_5=0.31; K_2O=0.93; Fe_2O_3=1.48%; TiO_2=0.24%; Co_3O_4=0.39%; otros compuestos 11.01%.

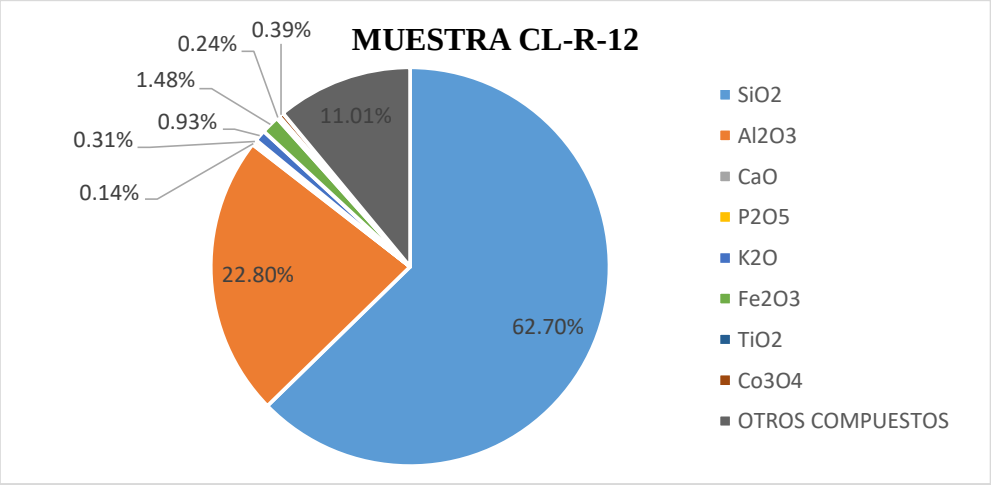
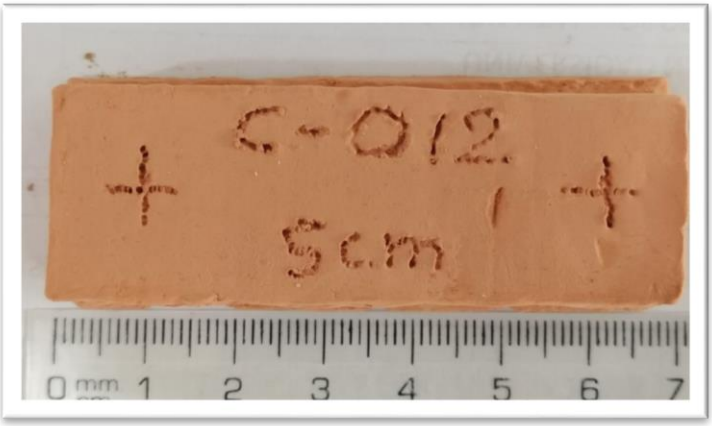


Grafico 9 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-12
Fuente: Julio Torres, 2020.

El bloque de cerámica obtenido de esta muestra es producto de la quema a una temperatura de 1020 a 1050°C, por un lapso de 7:15 horas dando como resultado una figura uniforme, no presenta fisuramientos, teniendo una contracción lineal natural de 6% y una contracción lineal total de 6%, su color después de la quema es ocre dorado.



Fotografía 23 Bloque cerámico de la muestra CL-R-12
Fuente: Julio Torres, 2020.

e) Muestra CL-R-20

La muestra fue recolectada en el cantón de "Calvas" UTM Datum WGS-84 (658366; 9519300) se realizó los ensayos físicos, mecánicos, químicos y de la pasta cerámica dando los siguientes resultados. Tabla 9.

Tabla 9. Características físicas, mecánicas, químicas y de la pasta cerámica de la muestra CL-R-20.

MUESTRA CL-R-20			
Propiedades			
FÍSICAS	**MECÁNICAS**	**QUÍMICAS**	**DE LA PASTA CERÁMICA**
Humedad retenida: 7.41% **Granulometría húmeda:** 9.65% **Contracción lineal:** 8%	**Limite liquido:** 35.91 **Limite plástico:** 16.59 **Clasificación ASHTO:** A-2-6 **Clasificación SUCS:** SC(arena arcillosa de baja plasticidad)	**Composición química elementos mayoritarios:** SiO_2, Al_2O_3, CaO, P_2O_5, K_2O, Fe_2O_3, TiO_2, Co_3O_4, otros compuestos	**Color de quema:** Marrón pálido **Temperatura de quema:** 1020-1050°C **Contracción lineal después de la quema:** 10% **Humedad retenida por ignición:** 12%

Fuente: Julio Torres, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, nos indican la siguiente composición química: SiO_2=47.0%; Al_2O_3=26.1%; CaO=0.19%; P_2O_5=0.43; K_2O=1.53; Fe_2O_3=3.46%; TiO_2=0.78%; Co_3O_4=0.92%; otros compuestos 19.59%.

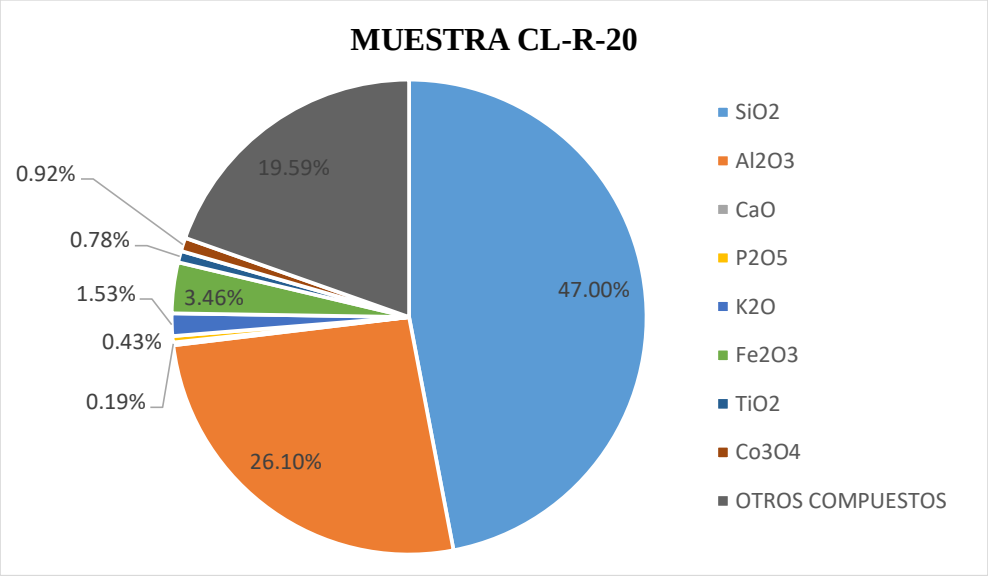
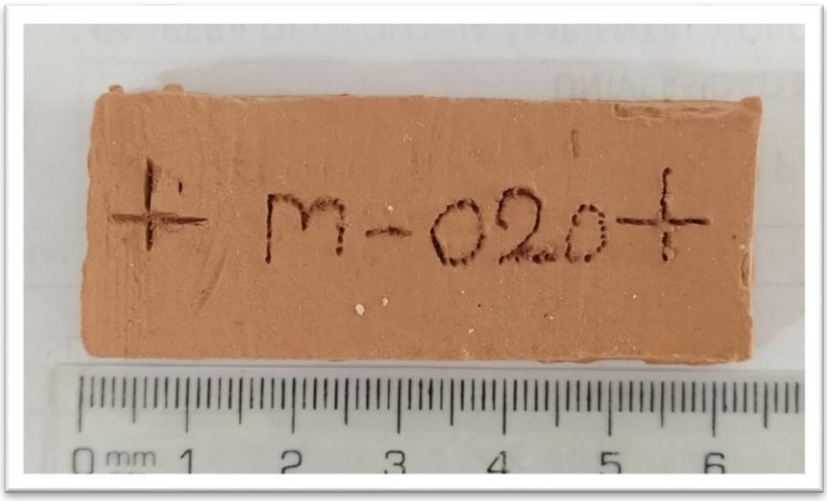


Grafico 10. Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-20
Fuente: Julio Torres, 2020.

El bloque de cerámica obtenido de esta muestra es producto de la quema a una temperatura de 1020 a 1050°C, por un lapso de 7:15 horas dando como resultado una figura uniforme, no presenta fisuramientos, teniendo una contracción lineal natural de 8% y una contracción lineal total de 10%, su color después de la quema es marrón pálido.



Fotografía 24 Bloque cerámico de la muestra CL-R-20
Fuente: Julio Torres, 2020.

f) Muestra CL-R-23

La muestra fue recolectada en el sector de "Yambaca" en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (657896; 9516589), al ser una muestra de arena silícea, se realizó únicamente análisis físico y mecánico dando los siguientes resultados. Tabla 10.

Tabla 10. Características físicas y mecánicas de la muestra CL-R-23.

MUESTRA CL-R-23		
Propiedades		
FÍSICAS	**MECÁNICAS**	
Granulometría húmeda:	**Limite liquido:**	0
0.13%	**Limite plástico:**	0
	Clasificación ASHTO:	A-2-4
	Clasificación SUCS:	SM(arena limosa)

Fuente: Julio Torres, 2020.

g) Muestra CL-R-27

La muestra fue recolectada en el sector de "Chalacanuma" en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (661252; 9513479), al ser una muestra de roca volcánica se realizó únicamente análisis químico realizado por fluorescencia de rayos X, para obtener la composición química en porcentaje dando como resultado lo siguiente: SiO_2=62%; Al_2O_3=20.8%; CaO=0.37%; P_2O_5=0.33; K_2O=2.11%; Fe_2O_3=0.60%; TiO_2=0.18%; Co_3O_4=0.17%; otros compuestos 13.44%.

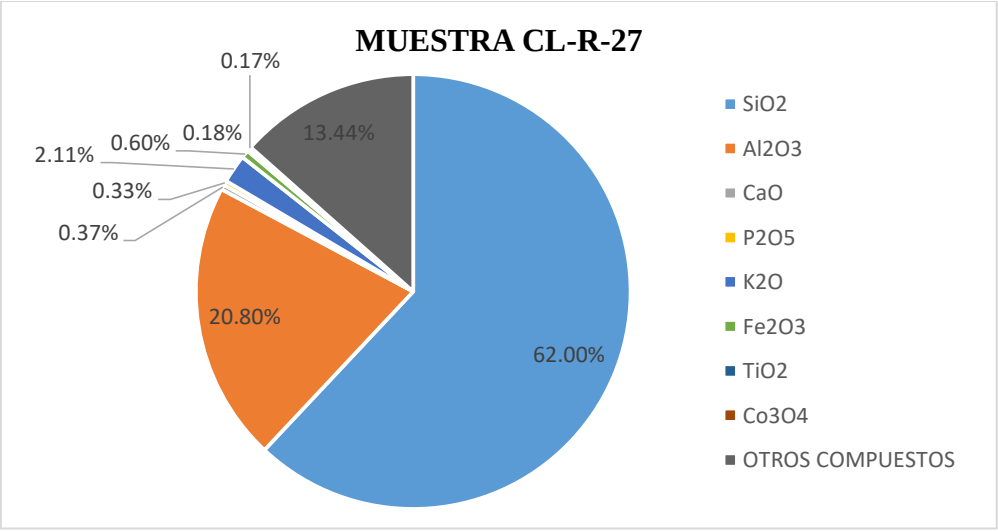


Grafico 11 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-27
Fuente: Julio Torres, 2020.

h) Muestra GN-R-36

La muestra fue recolectada en el cantón de "Gonzanamá" en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (673164; 9535359), se realizó los ensayos físicos, mecánicos y químicos dando los siguientes resultados. Tabla 11.

Tabla 11. Características físicas, mecánicas y químicos de la muestra GN-R-36.

MUESTRA GN-R-36			
Propiedades			
FÍSICAS	**MECÁNICAS**	**QUÍMICAS**	**DE LA PASTA CERÁMICA**
Humedad retenida: 22.73% **Granulometría húmeda:** 9.9% **Contracción lineal:** 6%	**Limite liquido:** 54.46 **Limite plástico:** 27.18 **Índice de plasticidad:** 27 **Clasificación ASHTO:** A-7-6 **Clasificación SUCS:** CH(arcilla de alta plasticidad)	**Composición química elementos mayoritarios:** SiO_2, Al_2O_3, CaO, P_2O_5, K_2O, Fe_2O_3, TiO_2, Co_3O_4, otros compuestos	**Color de quema:** canela **Temperatura de quema:** 1020-1050°C **Contracción lineal después de la quema:** 8% **Humedad retenida por ignición:** 21.56%

Fuente: Julio Torres, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, nos indican la siguiente composición química: SiO_2=43.6%; Al_2O_3=24.1%; CaO=0.27%; P_2O_5=0.29; K_2O=0.31; Fe_2O_3=3.6%; TiO_2=0.52%; Co_3O_4=0.95%; otros compuestos 26.36%.

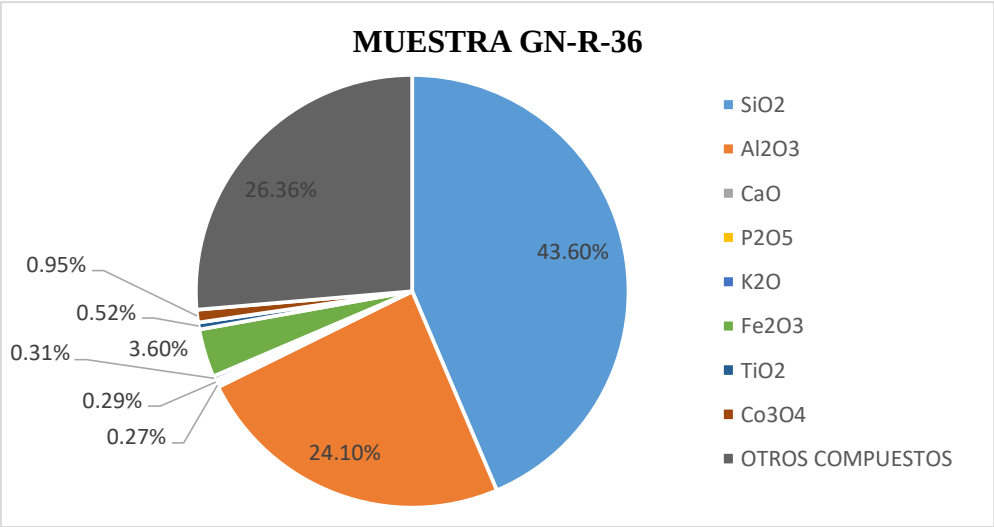
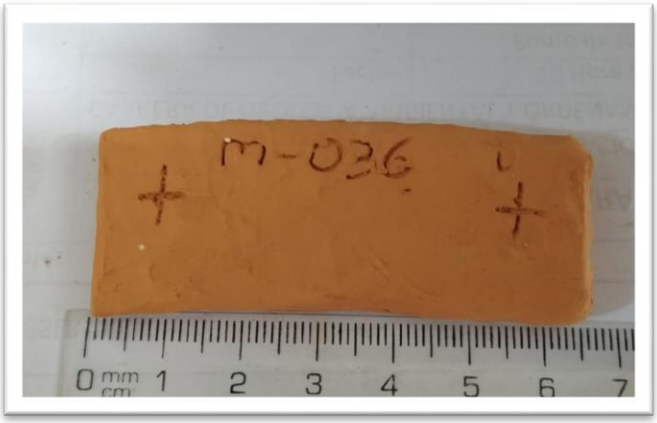


Grafico 12 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra GN-R-36
Fuente: Julio Torres, 2020.

El bloque de cerámica obtenido de esta muestra es producto de la quema a una temperatura de 1020 a 1050°C, por un lapso de 7:15 horas dando como resultado una figura semi-uniforme con una ligera deformación debido a la quema, no presenta fisuramientos, teniendo una contracción lineal natural de 6% y una contracción lineal total de 8%, su color después de la quema es canela.



Fotografía 25 Bloque cerámico de la muestra GN-R-36
Fuente: Julio Torres, 2020.

i) Muestra GN-R-40

La muestra fue recolectada en el cantón de "Gonzanamá" en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (665492; 9537334), se realizó los ensayos físicos, mecánicos, químicos y de la pasta cerámica dando los siguientes resultados. Tabla 12.

Tabla 12. Características físicas, mecánicas, químicos y de la pasta cerámica de la muestra GN-R-40.

MUESTRA GN-R-40			
Propiedades			
FÍSICAS	**MECÁNICAS**	**QUÍMICAS**	**DE LA PASTA CERÁMICA**
Humedad retenida: 16.67% **Granulometría húmeda:** 8.9% **Contracción lineal:** 4%	**Limite liquido:** 35.28 **Limite plástico:** 22.52 **Índice de plasticidad:** 12 **Clasificación ASHTO:** A-6 **Clasificación SUCS:** SC(Arena arcillosa de baja plasticidad)	**Composición química elementos mayoritarios:** SiO_2, Al_2O_3, CaO, P_2O_5, K_2O, Fe_2O_3, TiO_2, Co_3O_4, otros compuestos	**Color de quema:** cobre **Temperatura de quema:** 1020-1050°C **Contracción lineal después de la quema:** 6% **Humedad retenida por ignición:** 20%

Fuente: Julio Torres, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, nos indican la siguiente composición química: SiO_2=46.8%; Al_2O_3=21.7%; CaO=1.42%; P_2O_5=0.32; K_2O=0.16; Fe_2O_3=3.29%; TiO_2=0.56%; Co_3O_4=0.86%; otros compuestos 24.89%.

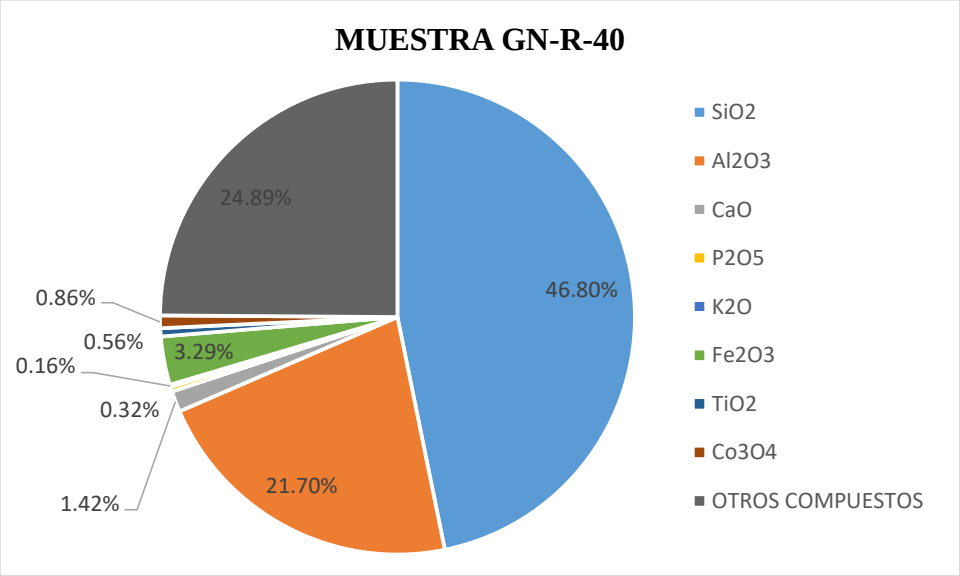
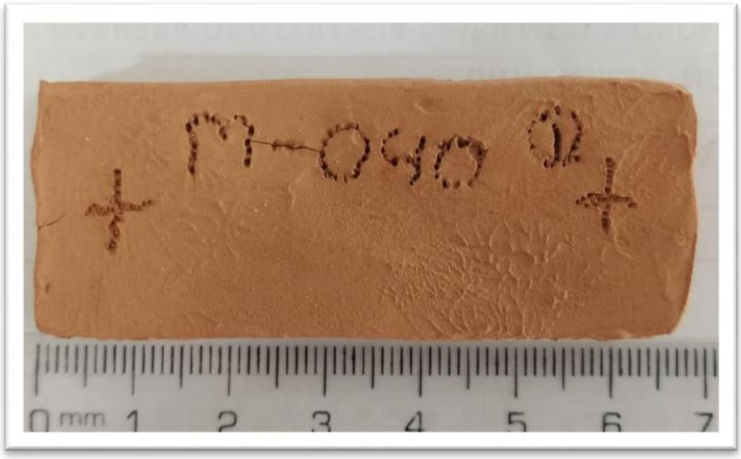


Grafico 13 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra GN-R-40
Fuente: Julio Torres, 2020.

El bloque de cerámica obtenido de esta muestra es producto de la quema a una temperatura de 1020 a 1050°C, por un lapso de 7:15 horas dando como resultado una figura uniforme, presenta pequeños fisuramientos de lo que se puede presenciar que se trata de una arcilla de baja plasticidad, tiene una contracción lineal natural de 4% y una contracción lineal total de 6%, su color después de la quema es cobre.



Fotografía 26 Bloque cerámico de la muestra GN-R-40
Fuente: Julio Torres, 2020.

j) Muestra GN-R-42

La muestra fue recolectada en el cantón de "Gonzanamá", en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (662105; 95335911), se realizó los ensayos físicos, mecánicos, químicos y de la pasta cerámica dando los siguientes resultados. Tabla 13.

Tabla 13. Características físicas, mecánicas, químicos y de la pasta cerámica de la muestra GN-R-42.

MUESTRA GN-R-42			
Propiedades			
FÍSICAS	**MECÁNICAS**	**QUÍMICAS**	**DE LA PASTA CERÁMICA**
Humedad retenida: 17.33% **Granulometría húmeda:** 14.73% **Contracción lineal:** 6%	**Limite liquido:** 46.22 **Limite plástico:** 22.8 **Índice de plasticidad:** 23 **Clasificación ASHTO:** A-7-6 **Clasificación SUCS:** CL(Arcilla de baja plasticidad)	**Composición química elementos mayoritarios:** SiO_2, Al_2O_3, CaO, P_2O_5 , Fe_2O_3, TiO_2, Co_3O_4, otros compuestos	**Color de quema:** Habano claro **Temperatura de quema:** 1020-1050°C **Contracción lineal después de la quema:** 8% **Humedad retenida por ignición:** 20.96%

Fuente: Julio Torres, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, nos indican la siguiente composición química: SiO_2=47.6%; Al_2O_3=27.6%; CaO=0.11%; P_2O_5=0.31; K_2O= no detectado; Fe_2O_3=3.67%; TiO_2=0.58%; Co_3O_4=0.97%; otros compuestos 19.16%.

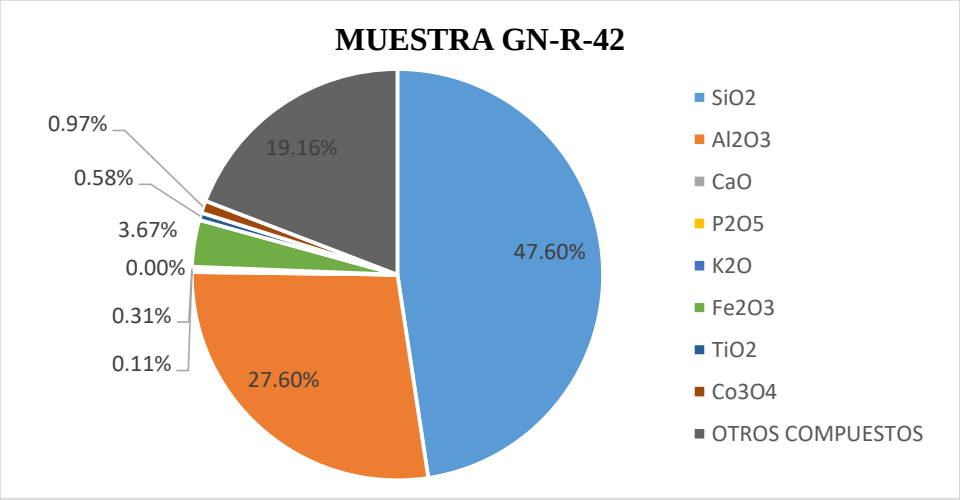
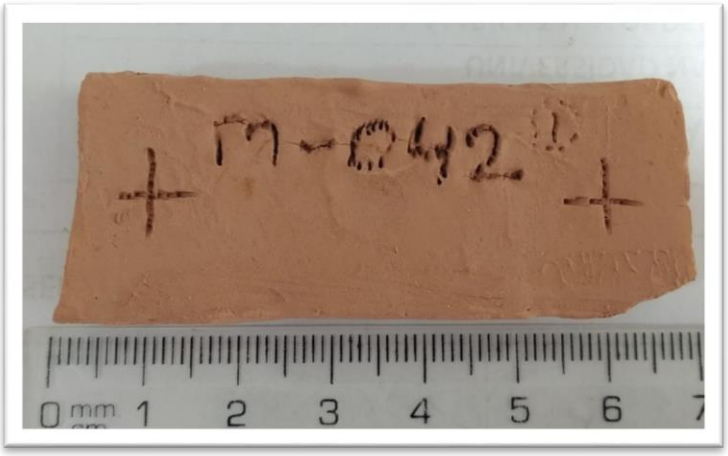


Grafico 14 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra GN-R-42
Fuente: Julio Torres, 2020

El bloque de cerámica obtenido de esta muestra es producto de la quema a una temperatura de 1020 a 1050°C, por un lapso de 7:15 horas dando como resultado una figura semi-uniforme, presenta pequeños fisuramientos por lo que se trata de una arcilla de baja plasticidad, tiene una contracción lineal natural de 6% y una contracción lineal total de 8%, su color después de la quema es habano claro.



Fotografía 27 Bloque cerámico de la muestra GN-R-42
Fuente: Julio Torres, 2020.

k) Muestra GN-R-43

La muestra fue recolectada en el cantón de "Gonzanamá" en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (663974; 9533022), se realizó los ensayos físicos, mecánicos, químicos y de la pasta cerámica dando los siguientes resultados. Tabla 14.

Tabla 14. Características físicas, mecánicas, químicos y de la pasta cerámica de la muestra GN-R-43.

MUESTRA GN-R-43			
Propiedades			
FÍSICAS	**MECÁNICAS**	**QUÍMICAS**	**DE LA PASTA CERÁMICA**
Humedad retenida: 16% **Granulometría húmeda:** 8.92% **Contracción lineal:** 6%	**Limite liquido:** 40.15 **Limite plástico:** 19.5 **Índice de plasticidad:** 21 **Clasificación ASHTO:** A-6 **Clasificación SUCS:** CL(Arcilla de baja plasticidad)	**Composición química elementos mayoritarios:** SiO_2, Al_2O_3, CaO, P_2O_5, K_2O, Fe_2O_3, TiO_2, Co_3O_4, otros compuestos	**Color de quema:** cobre **Temperatura de quema:** 1020-1050°C **Contracción lineal después de la quema:** 10% **Humedad retenida por ignición:** 22.22%

Fuente: Julio Torres, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, nos indican la siguiente composición química: SiO_2=46.1%; Al_2O_3=28.3%; CaO=0.29%; P_2O_5=0.21; K_2O=0.11; Fe_2O_3=4.07%; TiO_2=0.49%; Co_3O_4=1.08%; otros compuestos 19.35%.

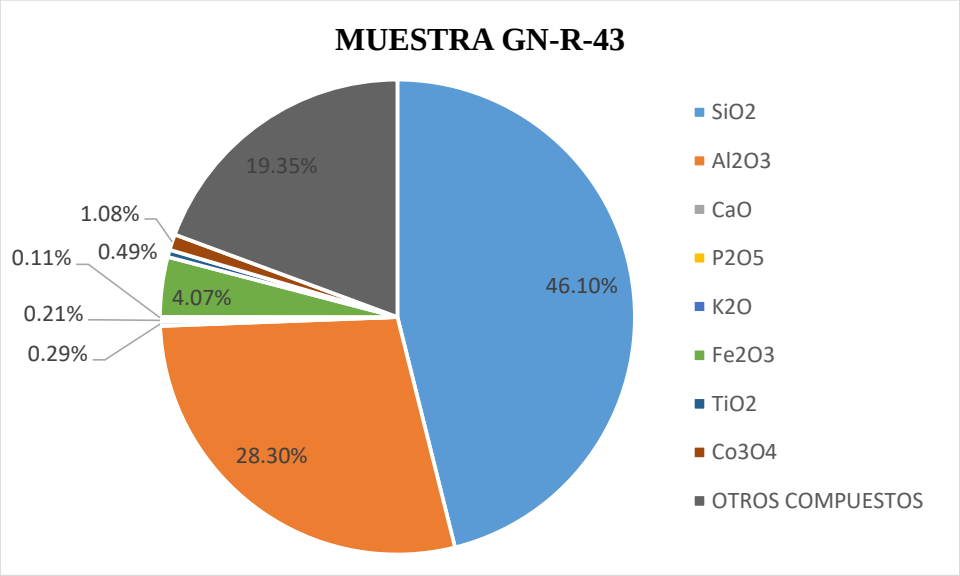
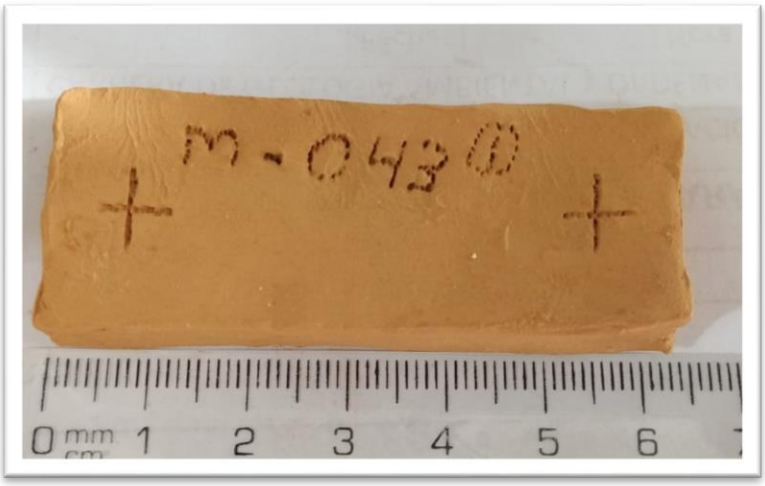


Grafico 15 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra GN-R-43
Fuente: Julio Torres, 2020

El bloque de cerámica obtenido de esta muestra es producto de la quema a una temperatura de 1020 a 1050°C, por un lapso de 7:15 horas dando como resultado una figura uniforme, no presenta fisuramientos, teniendo una contracción lineal natural de 6% y una contracción lineal total de 10%, su color después de la quema es cobre.



Fotografía 28 Bloque cerámico de la muestra GN-R-43
Fuente: Julio Torres, 2020.

l) Muestra CL-R-48

La muestra fue recolectada en el cantón de "Calvas" en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (660597; 9518600), se realizó los ensayos físicos, mecánicos, químicos y de la pasta cerámica dando los siguientes resultados. Tabla 15.

Tabla 15. Características físicas, mecánicas, químicos y de la pasta cerámica de la muestra CL-R-48.

MUESTRA CL-R-48			
Propiedades			
FÍSICAS	**MECÁNICAS**	**QUÍMICAS**	**DE LA PASTA CERÁMICA**
Humedad retenida: 23.44% **Granulometría húmeda:** 35.91% **Contracción lineal:** 4%	**Limite liquido:** 51.44 **Limite plástico:** 19.27 **Índice de plasticidad**:32 **Clasificación ASHTO:** A-7-6 **Clasificación SUCS:** CH(Arcilla de alta plasticidad)	**Composición química elementos mayoritarios:** SiO_2, Al_2O_3, CaO, P_2O_5, Fe_2O_3, TiO_2, Co_3O_4, otros compuestos	**Color de quema:** blanco hueso **Temperatura de quema:** 1020-1050°C **Contracción lineal después de la quema:** 4% **Humedad retenida por ignición:** 18.36%

Fuente: Julio Torres, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de beneficio de minerales de la UTPL, nos indican la siguiente composición química: SiO_2=67.6%; Al_2O_3=20.7%; CaO=0.15%;P_2O_5=0.34; K_2O=no detectado; Fe_2O_3=0.84%; TiO_2=0.1%; Co_3O_4=0.23%; otros compuestos 10.04%.

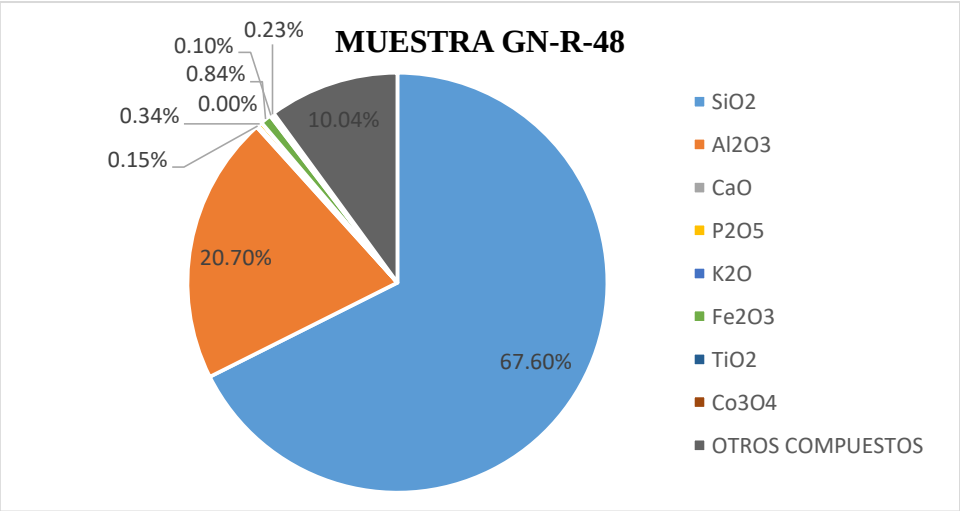
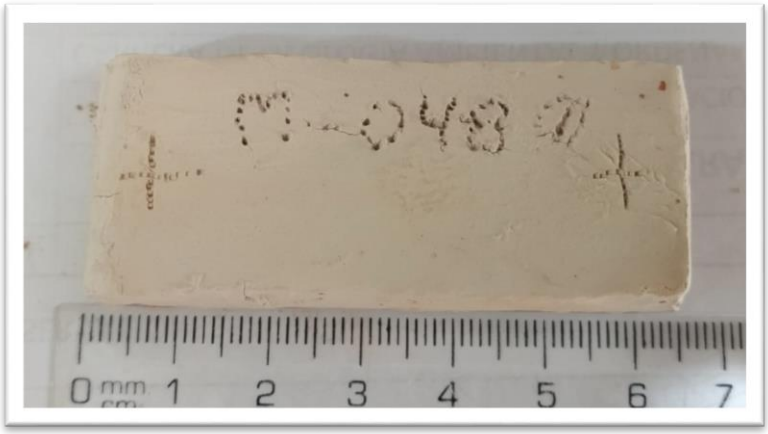


Grafico 16 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra GN-R-48
Fuente: Julio Torres, 2020

El bloque de cerámica obtenido de esta muestra es producto de la quema a una temperatura de 1020 a 1050°C, por un lapso de 7:15 horas dando como resultado una figura uniforme, no presenta fisuramientos, teniendo una contracción lineal natural de 4% y una contracción lineal total de 4%, su color después de la quema es blanco hueso.



Fotografía 29 Bloque cerámico de la muestra CL-R-48
Fuente: Julio Torres, 2020.

m) Muestra ES-R-61

La muestra fue recolectada en el sector de "Collingora" en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (677818; 9501729), al ser una muestra de roca volcánica se realizó únicamente análisis químico realizado por fluorescencia de rayos X, para obtener la composición química en porcentaje dando como resultado lo siguiente: SiO_2=59.9%; Al_2O_3=20.1%; CaO=0.41%, P_2O_5=0.33; K_2O=3.03%; Fe_2O_3=0.54%; TiO_2=0.18%; Co_3O_4=0.15%; otros compuestos 15.36%.

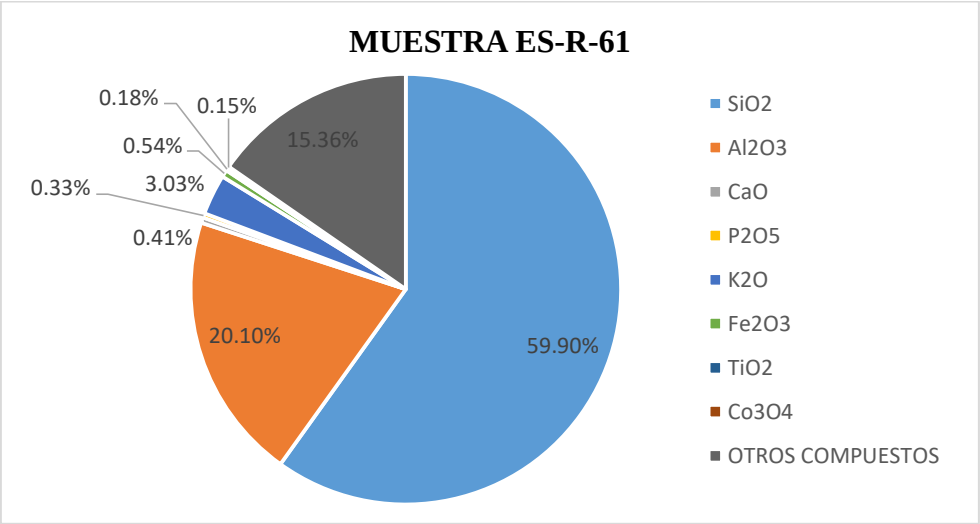


Grafico 17 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra ES-R-61
Fuente: Julio Torres, 2020

n) Muestra ES-R-76

La muestra fue recolectada en el cantón de "Espíndola" en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (671601; 9496646), se realizó los ensayos físicos, mecánicos, químicos y de la pasta cerámica dando los siguientes resultados. Tabla 16.

Tabla 16. Características físicas, mecánicas y químicos de la muestra ES-R-76.

MUESTRA ES-R-76			
Propiedades			
FÍSICAS	**MECÁNICAS**	**QUÍMICAS**	**DE LA PASTA CERÁMICA**
Humedad retenida: 18.57% **Granulometría húmeda:** 14.61% **Contracción lineal:** 6%	**Limite liquido:** 38.96 **Limite plástico:** 18.55 **Índice de plasticidad:** 20 **Clasificación ASHTO:** A-6 **Clasificación SUCS:** CL(Arcilla de baja plasticidad)	**Composición química elementos mayoritarios:** SiO_2, Al_2O_3, CaO, P_2O_5, K_2O, Fe_2O_3, TiO_2, Co_3O_4, otros compuestos	**Color de quema:** cobre **Temperatura de quema:** 1020-1050°C **Contracción lineal después de la quema:** 6% **Humedad retenida por ignición:** 10.52%

Fuente: Julio Torres, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, nos indican la siguiente composición química: SiO_2=54.0%; Al_2O_3=20.4%; CaO=0.13%; P_2O_5=0.29; K_2O=1.75; Fe_2O_3=2.69%; TiO_2=0.27%; Co_3O_4=0.72%; otros compuestos 19.75%.

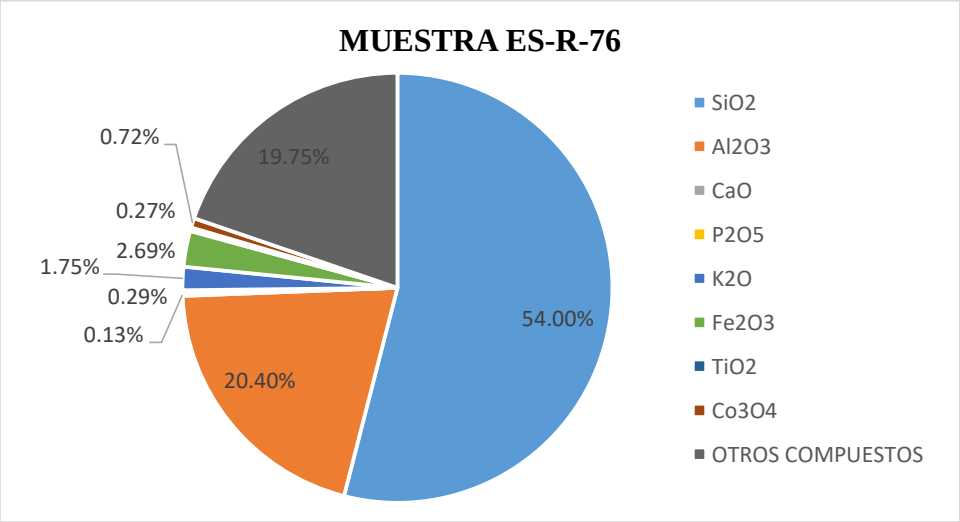


Grafico 18 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra ES-R-76
Fuente: Julio Torres, 2020

El bloque de cerámica obtenido de esta muestra es producto de la quema a una temperatura de 1020 a 1050°C, por un lapso de 7:15 horas dando como resultado una figura uniforme, no presenta fisuramientos, teniendo una contracción lineal natural de 6% y una contracción lineal total de 6%, su color después de la quema es cobre.

Fotografía 30 Bloque cerámico de la muestra ES-R-76
Fuente: Julio Torres, 2020.

o) Muestra CL-R-82

La muestra fue recolectada en el cantón de "Calvas" en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (658386; 9522236), se realizó los ensayos físicos, mecánicos, químicos y de la pasta cerámica dando los siguientes resultados. Tabla 17.

Tabla 17. Características físicas, mecánicas, químicos y de la pasta cerámica de la muestra CL-R-82.

MUESTRA CL-R-82			
Propiedades			
FÍSICAS	**MECÁNICAS**	**QUÍMICAS**	**DE LA PASTA CERÁMICA**
Humedad retenida: 18.33% **Granulometría húmeda:** 4.05% **Contracción lineal:** 4%	**Limite liquido:** 25.73 **Limite plástico**: 17.86 **Índice de plasticidad:**8 **Clasificación ASHTO:** A-2-4 **Clasificación SUCS:** SC(Arena arcillosa de baja plasticidad)	**Composición química elementos mayoritarios:** SiO_2, Al_2O_3, CaO, P_2O_5, K_2O, Fe_2O_3, TiO_2, Co_3O_4, otros compuestos	**Color de quema:** habano claro **Temperatura de quema:** 1020-1050°C **Contracción lineal después de la quema:** 7% **Humedad retenida por ignición:** 24.49%

Fuente: Julio Torres, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, nos indican la siguiente composición química: SiO_2=42.2%; Al_2O_3=29.5%; CaO=0.18%; P_2O_5=0.25; K_2O=0.008; Fe_2O_3=4.84%; TiO_2=0.87%; Co_3O_4=1.26%; otros compuestos 20.89%.

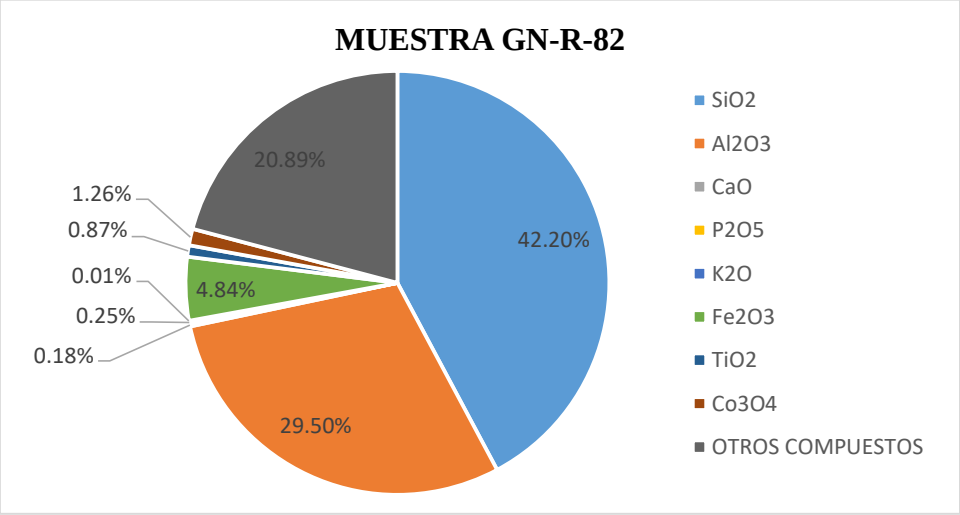


Grafico 19 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-82
Fuente: Julio Torres, 2020

El bloque de cerámica obtenido de esta muestra es producto de la quema a una temperatura de 1020 a 1050°C, por un lapso de 7:15 horas dando como resultado una figura uniforme, no presenta fisuramientos, teniendo una contracción lineal natural de 4% y una contracción lineal total de 7%, su color después de la quema es habano claro.

Fotografía 31 Bloque cerámico de la muestra CL-R-82
Fuente: Julio Torres, 2020.

p) Muestra CL-R-86

La muestra fue recolectada en el sector de "el Atillo" en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (654022; 9526875), al ser una muestra de roca volcánica se realizó

únicamente análisis químico realizado por fluorescencia de rayos X, para obtener la composición química en porcentaje dando como resultado lo siguiente: SiO_2=57.6%; Al_2O_3=24.5%; CaO=0.48%; P_2O_5=0.23; K_2O=2.41%; Fe_2O_3=0.19%; TiO_2=0.26%; Co_3O_4=0.05%; otros compuestos 14.28%.

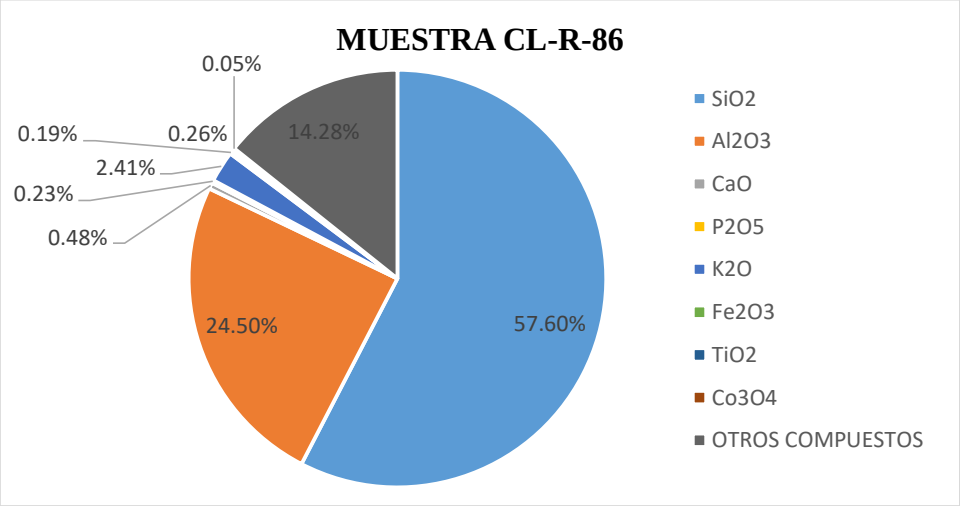


Grafico 20 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-86
Fuente: Julio Torres, 2020

q) Muestra CL-R-89

La muestra fue recolectada en el cantón de "Calvas" en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (644395,9522402), se realizó los ensayos físicos, mecánicos, químicos y de la pasta cerámica dando los siguientes resultados. Tabla 18.

Tabla 18. Características físicas, mecánicas, químicos y de la pasta cerámica de la muestra CL-R-89.

MUESTRA CL-R-89			
Propiedades			
FÍSICAS	**MECÁNICAS**	**QUÍMICAS**	**DE LA PASTA CERÁMICA**
Humedad retenida: 6.90% **Granulometría húmeda:** 11.13% **Contracción lineal:** 4%	**Limite liquido:** 30.99 **Limite plástico:** 16.28 **Índice de plasticidad:** 15 **Clasificación ASHTO:** A-6 **Clasificación SUCS:** CL (arcilla de baja plasticidad)	**Composición química elementos mayoritarios:** SiO_2, Al_2O_3, CaO, P_2O_5, K_2O, Fe_2O_3, TiO_2, Co_3O_4, otros compuestos	**Color de quema:** Marrón rojizo **Temperatura de quema:** 1020-1050°C **Contracción lineal después de la quema:** 4% **Humedad retenida por ignición:** 7.40%

Fuente: Julio Torres, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, nos indican la siguiente composición química: SiO_2=61.0%; Al_2O_3=20.9%; CaO=0.36%; P_2O_5=0.30; K_2O=1.36; Fe_2O_3=2.44%; TiO_2=0.34%; Co_3O_4=0.65%; otros compuestos 12.65%.

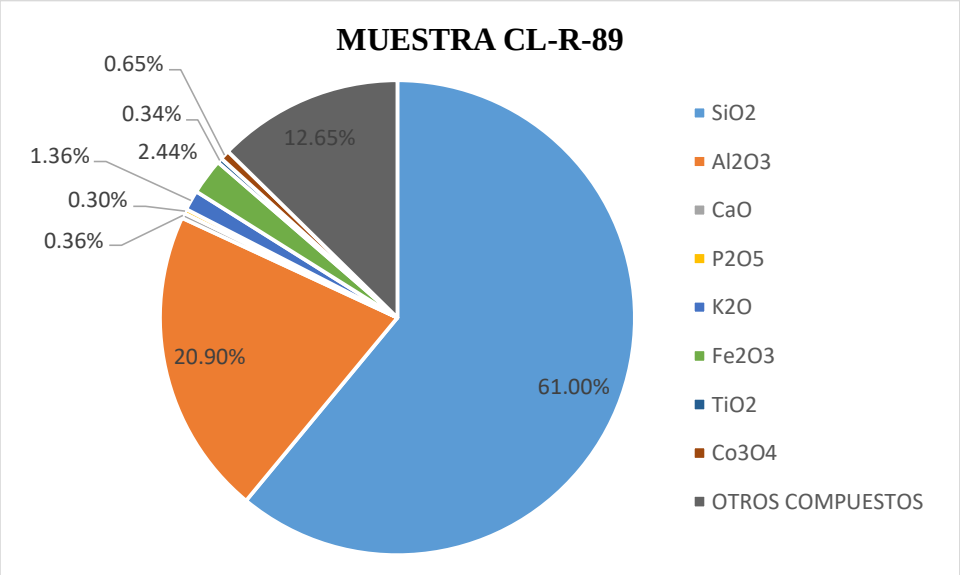


Grafico 21 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-89.
Fuente: Julio Torres, 2020

El bloque de cerámica obtenido de esta muestra es producto de la quema a una temperatura de 1020 a 1050°C, por un lapso de 7:15 horas dando como resultado una figura uniforme, presenta una rotura producto de la manipulación al momento de sacar la muestra y de los elementos complementarios de la arcilla que hizo que la arcilla no se funda al momento de la quema, teniendo una contracción lineal natural de 4% y una contracción lineal total de 4%, su color después de la quema es marrón rojizo .

Fotografía 32 Bloque cerámico de la muestra CL-R-89
Fuente: Julio Torres, 2020.

r) Muestra CL-R-109

La muestra fue recolectada en el cantón de "Calvas" en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (660702,9525210), se realizó los ensayos físicos, mecánicos, químicos y de la pasta cerámica dando los siguientes resultados. Tabla 19.

Tabla 19. Características físicas, mecánicas, químicas y de la pasta cerámica de la muestra CL-R-109.

MUESTRA CL-R-109			
Propiedades			
FÍSICAS	**MECÁNICAS**	**QUÍMICAS**	**DE LA PASTA CERÁMICA**
Humedad retenida: 20% **Granulometría húmeda:** 19.21% **Contracción lineal:** 5%	**Limite liquido:** 71.28 **Limite plástico:** 27.05 **Índice de plasticidad:** 44 **Clasificación ASHTO:** A-7-6 **Clasificación SUCS:** CH(Arcilla de alta plasticidad)	**Composición química elementos mayoritarios:** SiO_2, Al_2O_3, CaO, P_2O_5, Fe_2O_3, TiO_2, Co_3O_4, otros compuestos	**Color de quema:** anaranjado oscuro **Temperatura de quema:** 1020-1050°C **Contracción lineal después de la quema:** 6% **Humedad retenida por ignición:** 30%

Fuente: Julio Torres, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, nos indican la siguiente composición química: SiO_2=42.5%; Al_2O_3=28.8%; CaO=0.22%; P_2O_5=0.29; K_2O=no detectado; Fe_2O_3=5.18%; TiO_2=0.79%; Co_3O_4=1.37%; otros compuestos 20.85%.

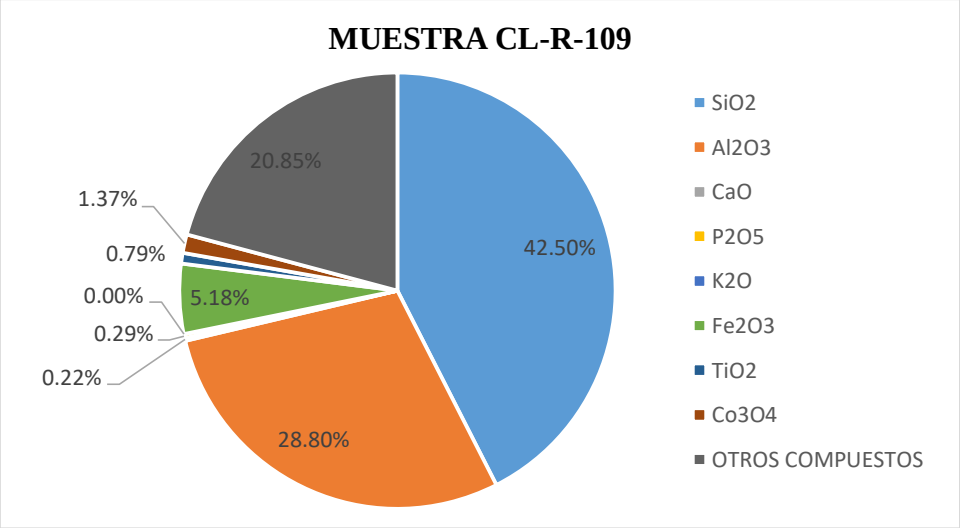
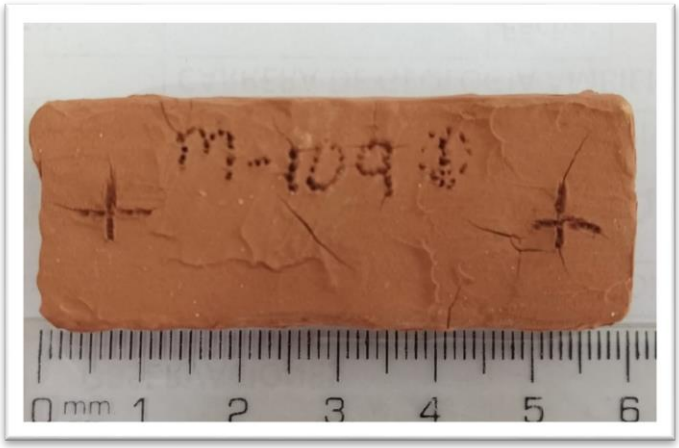


Grafico 22 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-109.
Fuente: Julio Torres, 2020

La figura de cerámica obtenida de esta muestra es producto de la quema a una temperatura de 1020 a 1050°C, por un lapso de 7:15 horas dando como resultado una figura uniforme, presenta fisuramientos, teniendo una contracción lineal natural de 5% y una contracción lineal total de 6%, su color después de la quema es anaranjado oscuro.



Fotografía 33 Bloque cerámico de la muestra CL-R-109
Fuente: Julio Torres, 2020.

s) Muestra GN-R-126

La muestra fue recolectada en el cantón de "Gonzanamá" en las coordenadas UTM Datum WGS-84 (680491, 9533143), se realizó los ensayos físicos, mecánicos, químicos y de la pasta cerámica dando los siguientes resultados. Tabla 20.

Tabla 20. Características físicas, mecánicas, químicos y de la pasta cerámica de la muestra GN-R-126.

MUESTRA GN-R-126			
Propiedades			
FÍSICAS	**MECÁNICAS**	**QUÍMICAS**	**DE LA PASTA CERÁMICA**
Humedad retenida: 21.74% **Granulometría húmeda:** 28.44% **Contracción lineal:** 6%	**Limite liquido:** 41.68 **Limite plástico:** 18.8 **Índice de plasticidad:** 23 **Clasificación ASHTO:** A-7-6 **Clasificación SUCS:** CL(arcilla de baja plasticidad)	**Composición química elementos mayoritarios:** SiO_2, Al_2O_3, CaO, P_2O_5, Fe_2O_3, TiO_2, Co_3O_4, otros compuestos	**Color de quema:** cobre **Temperatura de quema:** 1020-1050°C **Contracción lineal después de la quema:** 8% **Humedad retenida por ignición:** 20.37%

Fuente: Julio Torres, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, nos indican la siguiente composición química: SiO_2=46.3%; Al_2O_3=28.3%; CaO=0.14%; P_2O_5=0.20; K_2O=no detectado; Fe_2O_3=3.22%; TiO_2=0.36%; Co_3O_4=0.84%; otros compuestos 20.64%.

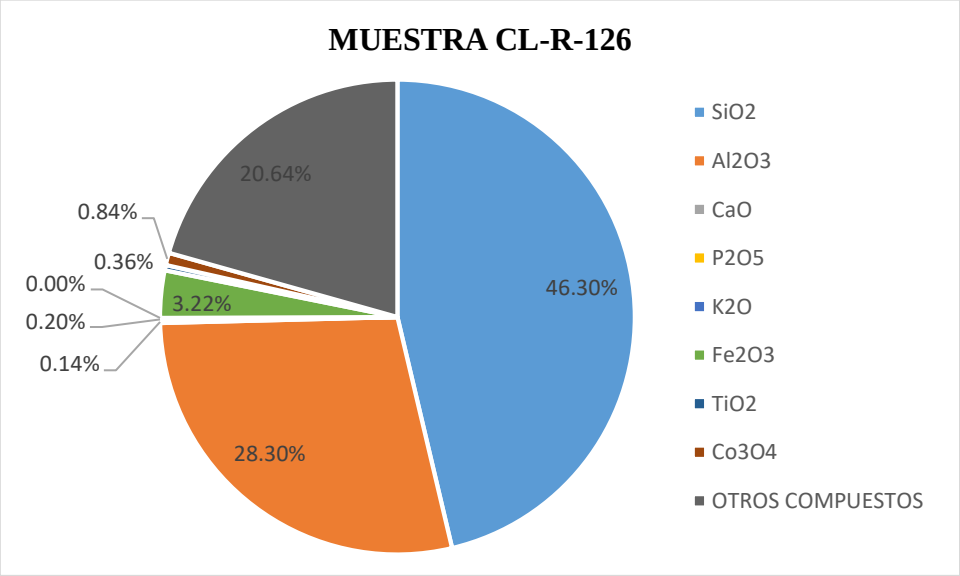
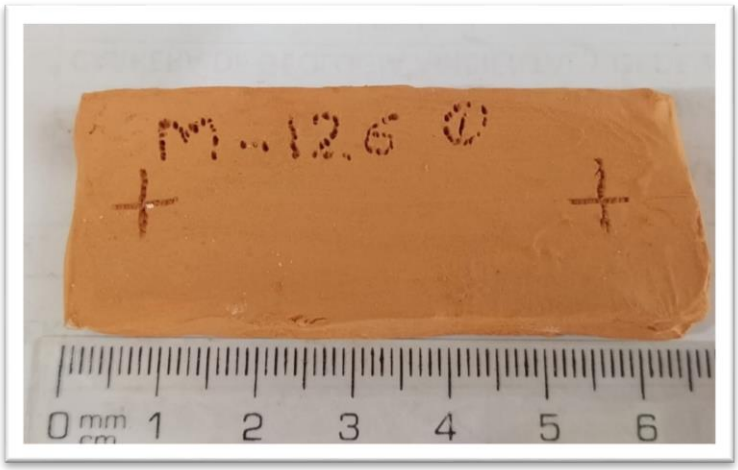


Grafico 23 Resultado del análisis de fluorescencia de rayos X de la muestra CL-R-126.
Fuente: Julio Torres, 2020

La figura de cerámica obtenida de esta muestra es producto de la quema a una temperatura de 1020 a 1050°C, por un lapso de 7:15 horas dando como resultado una figura uniforme, no presenta fisuramientos, teniendo una contracción lineal natural de 6% y una contracción lineal total de 8%, su color después de la quema es cobre.



Fotografía 34 Bloque cerámico de la muestra GN-R-126
Fuente: Julio Torres, 2020.

6.8. Registro de información

Toda la información recopilada de los ensayos realizados a las muestras se almaceno en un base de datos realizada en Excel donde se encuentra cada uno de los resultados de este trabajo el cual luego se lo subió al software Qgis 2.14.7., en el cual a través de la herramienta "web mapping" se procede a crear un mapa base con todos los resultados; el resultado final es un mapa como se evidencia en la figura 51, con acceso a la información pública ingresando al siguiente link:

http://juliotorres.atwebpages.com/

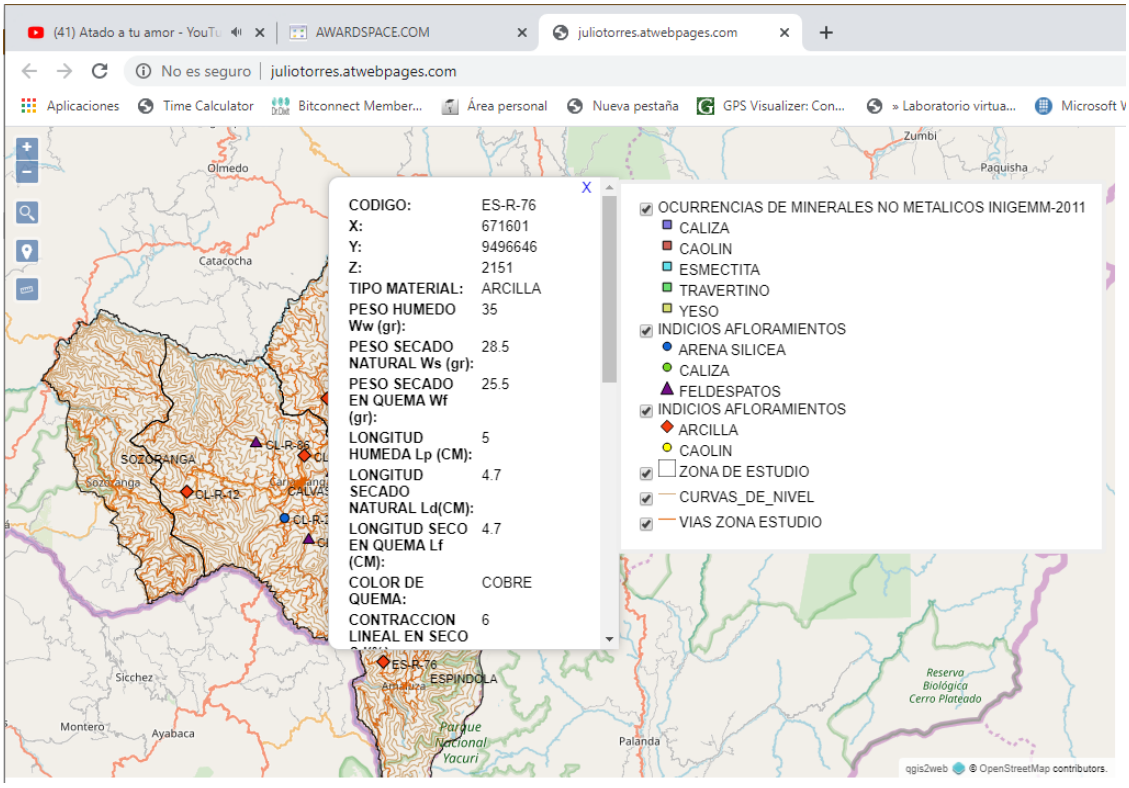


Figura 7. Web mapping con los resultados del presente trabajo investigativo.
Fuente: Julio Torres, 2020.

Para una mayor facilidad de ingreso a la plataforma se ha creado un código Qr que envía a la página en la cual se encuentra en mapa.

Figura 8. Código Qr del web mapping del trabajo investigativo
Fuente: Julio Torres, 2020.

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS:

7.1. Análisis del diagrama de plasticidad y su clasificación de acuerdo al límite líquido e índice de plasticidad.

Del análisis obtenido en laboratorio acerca de los límites de Atterberg se realizó la comparación con los límites de Atterberg y su significado en la industria cerámica propuesto por (P. Sembenelli, 1966), donde se pudo conseguir los siguientes resultados:

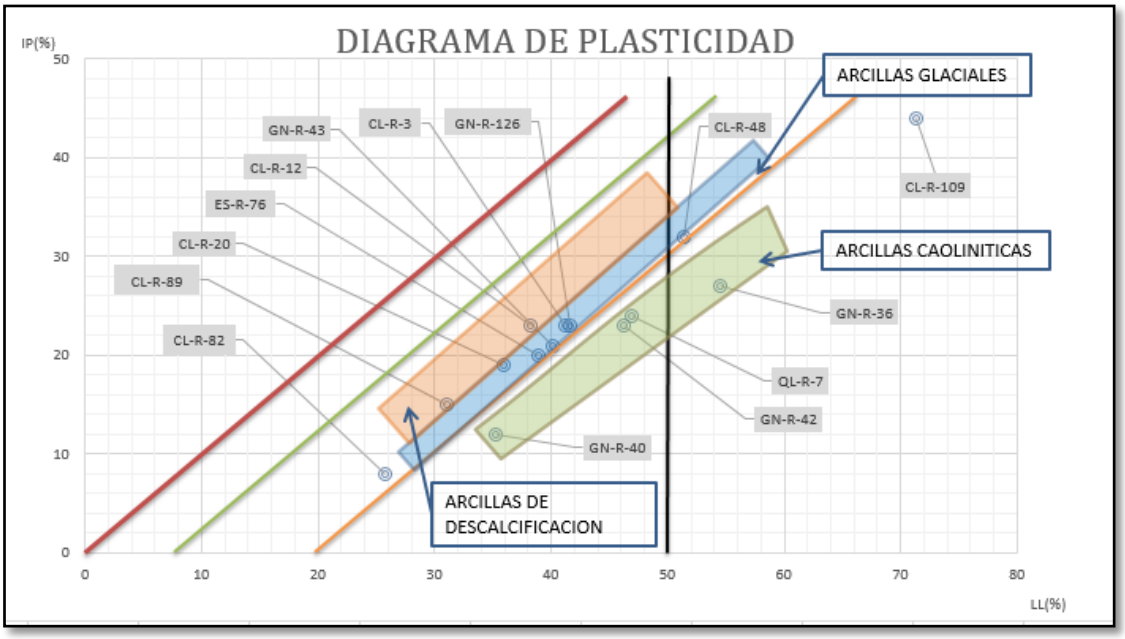


Grafico 24 Diagrama de plasticidad de las muestras obtenidas en el laboratorio.
Fuente: Julio Torres, 2020.

Del siguiente diagrama se puede deducir que existen 3 tipos de arcillas con una alta plasticidad la cual sobrepasa el 50% en límite líquido las cuales son las muestras (GN-R-36, CL-R-48 y CL-R-109).

Todas las muestras se encuentras debajo de la línea roja lo cual indica un alto grado de exactitud de los ensayos ya que es la línea que divide las arcillas reales de imaginarias.

La mayoría de muestras llevadas al laboratorio se encuentran por encima de la línea naranja lo que indica que son arcillas inorgánicas típicas y las que están por debajo de ella (GN-R-40, GN-R-42, QL-R-7, GN-R-36, CL-R-109) contienen coloides.

Se identificó 4 tipos de origen geológico de material arcilloso, entre los cuales se encuentran arcillas caolinitas, arcillas glaciares, arcillas de descalcificación y material areno arcilloso (CL-R-82).

Además se realizó en el siguiente diagrama la comparacion de los valores entre el indice de plasticidad en las ordenadas y el limite de retraccion en la absicas, valores que representan la cantidad de agua que se debe utilizar para que la arcilla adquiera la plasticidad necesaria para ser trabajada.

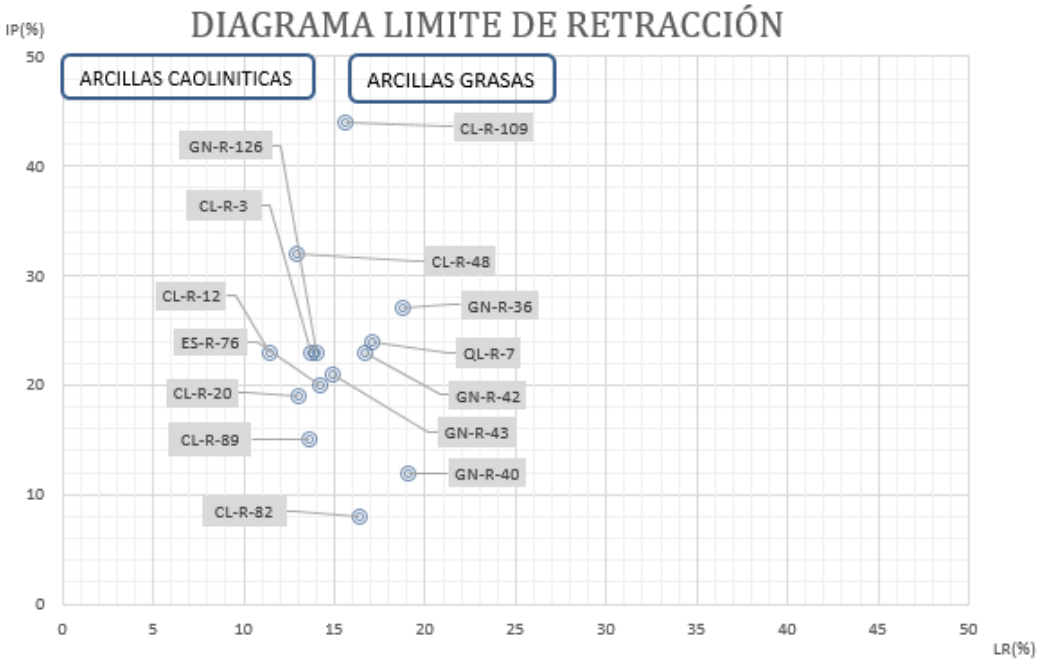


Grafico 25 Diagrama de límite de retracción de las muestras obtenidas en el laboratorio.
Fuente: Julio Torres, 2020.

Como se puede evidenciar en la gráfica, la muestra CL-R-12 de arcilla tiene un límite de retracción más cercano a cero, o sea que es necesario menor cantidad de agua para que la muestra se vuelva plástica y moldeable.

Otras muestras que se encuentran dentro del rango de arcillas con bajo porcentaje de retracción son CL-R-3; CL-R-20; GN-R-126, ES-R-76; CL-R-48; GN-R-43 y GN-R-126 las cuales poseen un límite de retracción menor al 15%, cabe resaltar que cuanto menor sea la distancia a cero el material será más fácilmente trabajable y desecara con menor deformación, encontrándose dentro de estos valores los caolines y arcillas caoliníticas

En cuanto a las muestras restantes que corresponden a valores más alejados se presentara problemas tecnológicos y resultara más difícil la elaboración por el consumo

energético utilizado para eliminar el contenido de agua del material, localizándose en estos valores arcillas grasas y bentonitas.

7.2. Análisis de la composición porcentual de las arcillas para la producción de cerámica plana.

De los datos obtenidos en el laboratorio se realizó un análisis en un diagrama ternario para averiguar las áreas composicionales de las muestras tomadas en campo para la realización de productos cerámicos, tomando como referencia los trabajos realizados según (SACMI: Asociación Española de Técnicos Cerámicos, 2004), basándose en una comparación de $SiO_2/Al_2O_3/Fe_2O_3$.

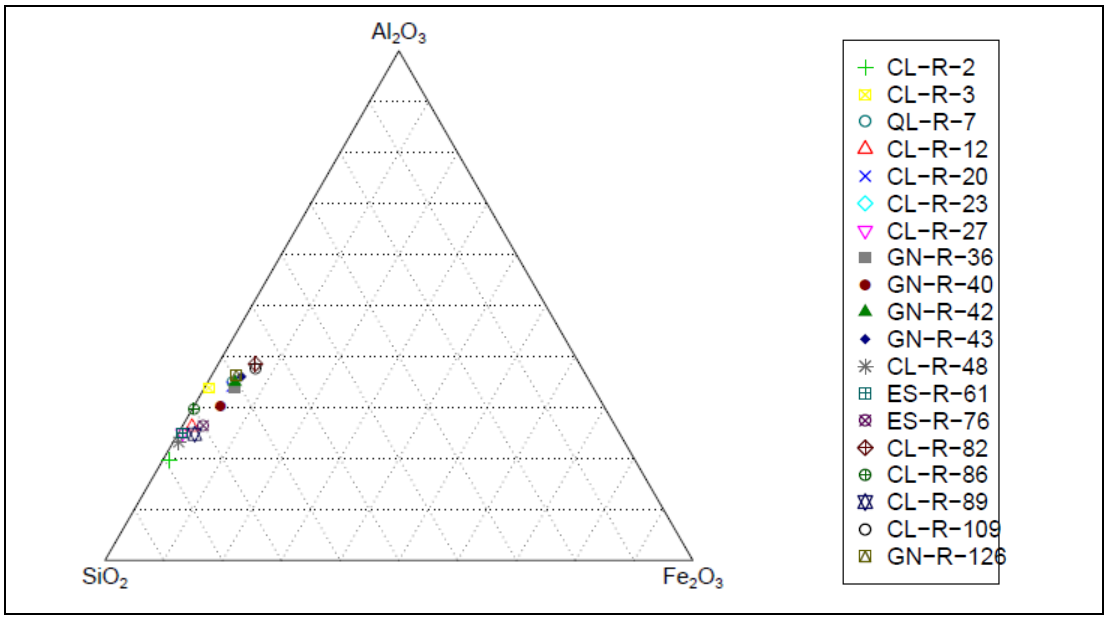


Grafico 26 Diagrama ternario de $SiO_2/Al_2O_3/Fe_2O_3$, con el campo composicional total de las muestras.
Fuente: Julio Torres, 2020

Los resultados obtenidos señalan que las muestras tanto de arcilla, feldespatos y caolín encontrados en este trabajo se acercan a la composición requerida para productos cerámicos, cabe recalcar que para esta comparación se analizó las muestras por individual y para realizar cerámica plana se necesita realizar combinaciones para llegar a una composición más exacta.

Además se realizó la comparación química de las muestras recolectadas con trabajos realizados por la (AICE-ITC: Instituto Tecnológico de Cerámica, 2019) para arcillas obteniendo las composiciones más acertadas de arcillas para la industria cerámica, siendo lo siguiente:

Las muestras CL-R-12 y CL-R-48, se encuentran dentro de la composición química de arcillas para la producción de cerámica blanca por su bajo contenido de óxido de Fe (menor al 2%) y elevado contenido de sílice y aluminio.

Tabla 21. Composición química de arcillas blancas encontradas en el área de estudio.

Código	Tipo de material	SiO_2	Al_2O_3	CaO	P_2O_5	K_2O	Fe_2O_3	TiO_2	Co_3O_4
CL-R-12	ARCILLA	62.7	22.8	0.14	0.31	0.93	1.48	0.24	0.39
CL-R-48	ARCILLA	67.6	20.7	0.15	0.34	ND	0.84	0.1	0.23

Fuente: Julio Torres, 2020.

Las muestras GN-R-43, CL-R-82 y CL-R-109, se encuentran dentro de los rangos de composiciones para arcillas comunes para producción de cerámica roja por su alto contenido de óxido de Fe (mayor al 4%).

Tabla 22. Composición química de arcillas rojas encontradas en el área de estudio

Código	Tipo de material	SiO_2	Al_2O_3	CaO	P_2O_5	K_2O	Fe_2O_3	TiO_2	Co_3O_4
GN-R-43	ARCILLA	46.1	28.3	0.29	0.21	0.11	4.07	0.49	1.08
CL-R-82	ARCILLA	42.2	29.5	0.18	0.25	0.008	4.84	0.87	1.26
CL-R-109	ARCILLA	42.5	28.8	0.22	0.29	ND	5.18	0.79	1.37

Fuente: Julio Torres, 2020.

La muestra CL-R-3, de composición química más cercana para caolín óptimo para la industria cerámica, al poseer un alto contenido de aluminio y sílice y bajo contenido de óxido de Fe (menor al 0.8%).

Tabla 23. Composición química de caolines encontrados en el área de estudio

Código	Tipo de material	SiO_2	Al_2O_3	CaO	P_2O_5	K_2O	Fe_2O_3	TiO_2	Co_3O_4
CL-R-3	CAOLIN	51.8	26.8	0.27	0.29	0.83	0.61	0.45	0.17

Fuente: Julio Torres, 2020.

Tomando como referencia el análisis químico realizado por (Osama, Khalid , & Jamal, 2011)se tienen en cuenta los principales elementos presentados en la siguiente tabla.

Tabla 24. Composición química de Feldespatos encontrados en el área de estudio

Código	Tipo de material	SiO_2	Al_2O_3	CaO	P_2O_5	K_2O	Fe_2O_3	TiO_2	Co_3O_4
CL-R-2	FELDESPATO	61	15.2	1.36	0.31	0.59	0.88	0.141	0.24
CL-R-27	FELDESPATO	62	20.8	0.37	0.33	2.11	0.6	0.18	0.17
ES-R-61	FELDESPATO	59.9	20.1	0.41	0.33	3.03	0.54	0.18	0.15
CL-R-86	FELDESPATO	57.6	24.5	0.48	0.23	2.41	0.19	0.26	0.05

Fuente: Julio Torres, 2020.

De las cuatro muestras recolectadas se evidencio que la muestra CL-R-2, posee una composición química más próxima a la usada en la industria cerámica pese a su bajo contenido de K_2O, contiene porcentajes cercanos a los análisis de referencia.

Una muestra con potencial para producción de cerámica blanca es la muestra CL-R-86, debido al bajo contenido de óxidos de hierro, compuesto que aporta coloración a la cerámica blanca.

8. CONCLUSIONES:

De los diversos ensayos realizados a las muestras recolectadas se permitió concluir lo siguiente:

La caracterización de las materias primas no metálicas (arcillas, caolines y feldespatos) prospectadas se ha hecho a partir de los datos tomados en campo, ensayos de caracterización de las muestras tales como: (composición química, índice de plasticidad, granulometría, contracción natural y después de la quema, pérdida por ignición).

Las muestras recolectadas con mayor índice de prospección para materia prima no metálica se encuentra dentro de las formaciones: Piñón (Kpp) la cual cuenta con andesitas basálticas pero se encuentra intruida por la Granodiorita de Tangula dando en algunos sectores de la parroquia Colaisaca grandes acumulaciones de arcilla en la parte superior de esta formación; Unidad Sacapalca (E?Sa) que consta de tobas acidas de composición riolítica- dacítica de color crema ; formación Ahuaca (MAh) la cual está constituida por tobas daciticas de color claro a blanco y rosa; el pórfido rio-dacitico (PRd) el cual está compuesto de rocas de color gris blanquecino y se ha encontrado altamente meteorizado en arcillas de muy buena calidad; dando como resultado afloramientos con grandes cualidades para la industria cerámica plana.

De los análisis realizados en el presente trabajo tanto físicos, mecánicos y químicos se evidenció: que todas las muestras que se recoja sirven como materia prima para la producción de cerámica plana debido a que en la industria se realizan una mezcla de diversas materias primas para llegar a un producto de alta calidad y que cumpla con las normas establecidas de cada empresa.

De los análisis físicos realizados a las muestras de arcilla y caolín se determinó que las muestras CL-R-36, CL-R-48 y CL-R-109, son arcillas de alta plasticidad las cuales son muy utilizadas en la industria cerámica ya que son más trabajables al tener mayor índice de plasticidad; además realizando la comparación del IP y el LL se determinó que la muestra CL-R-36 y CL-R-109 presentan coloides en su composición.

El límite de retracción es indispensable determinar para identificar el contenido de agua en las muestras y determinar aquellas que requieren de menos esfuerzo para la elaboración de cerámica plana.

Uno de los factores que incide directamente en la contracción al momento de la quema o cocción de los bloques cerámicos es el contenido de sílice y carbonatos, minerales que minimizan la contracción y ayudan a tener menor deformación de la pieza final.

Del ensayo de quema realizado se determinó que las muestras CL-R-3, QL-R-7, CL-R-12, GN-R-40, CL-R-48, ES-R-76, CL-R-89 y CL-R-109, son las muestras que tienen una menor contracción después de la quema (<6%), lo que les caracteriza como una buena materia prima para la producción de cerámica por tener mínimos porcentajes de deformación y la pieza cerámica va a quedar uniforme.

Las 14 muestras sometidas al proceso de cocción se tienen las siguientes características en cuanto a su contracción lineal total, su color de quema, índice de plasticidad su humedad retenida y su pérdida de humedad por ignición, por ser los principales análisis sobre los cuales se basan para la elección de las arcillas propias para la cerámica.

Tabla 25. Clasificación de las cerámicas según su color de quema contracción lineal total y humedad retenida por ignición.

Código	Tipo Material	Color de quema	Índice de plasticidad IP	Contracción lineal total St (%)	Humedad retenida por ignicion l.O.I. (%)
CL-R-3	CAOLIN	MARRON PALIDO	23	5	20.408
QL-R-7	ARCILLA	COBRE	24	6	18.000
CL-R-12	ARCILLA	OCRE DORADO	23	6	9.434
CL-R-20	ARCILLA	MARRON PALIDO	19	10	12.000
GN-R-36	ARCILLA	CANELA	27	8	21.569
GN-R-40	ARCILLA	COBRE	12	6	20.000
GN-R-42	ARCILLA	HABANO CLARO	23	8	20.968
GN-R-43	ARCILLA	COBRE	21	10	22.222
CL-R-48	ARCILLA	BLANCO HUESO	32	4	18.367
ES-R-76	ARCILLA	COBRE	20	6	10.526
CL-R-82	ARCILLA	HABANO CLARO	8	7	24.490
CL-R-89	ARCILLA	MARRON ROJIZO	15	4	7.407
CL-R-109	ARCILLA	ANARANJADO OSCURO	44	6	30.000
GN-R-126	ARCILLA	COBRE	23	8	20.370

Autor: Julio Torres, 2020

Se determinó que ha mayor pérdida de humedad por quema o cocción los materiales tienden a ser más arcillosos por la propiedad de absorción característico de ellas y mientras menor es la humedad retenida por ignición los materiales tienden a caolines y feldespatos.

De los análisis químicos realizados a las muestras, se pudo determinar que las muestras CL-R-12 y CL-R-48 son buenos prospectos de arcillas para la producción de cerámica blanca, así como la muestra CL-R-3 que corresponde a un caolín; por tener en su composición química de bajo contenido de óxido de hierro, lo cual en el proceso de cocción de la pasta cerámica es muy indispensable para que el resultado final no presente imperfecciones (manchas negras) dadas por el hierro.

Las muestras GN-R-43, CL-R-82 y CL-R-109, poseen muy buen contenido de óxido de Fe para ser utilizados para gres rojo o cerámica roja, en vista de que para obtener el color rojo característico de esta cerámica es necesario que contengan más del 5% en porcentaje de óxido de fe.

La muestra CL-R-2, sirve para la producción de cerámica roja como agregado teniendo en cuenta el bajo contenido de K_2O (0.59%) y los estándares para la producción de cerámica roja no son muy estrictos; la muestra CL-R-86 sirve como materia prima para la producción de cerámica blanca por su alto contenido de K_2O (2.41%) su bajo contenido en óxidos de hierro (0.19%).

De todos los análisis realizados tanto físicos, mecánicos químicos se puede decir que las muestras CL-R-2; CL-R-3 y CL-R-48; cumplen con las especificaciones para cerámica de cocción blanca al poseer una contracción <5%, una humedad retenida menor al 20% y químicamente óxidos de hierro <2%, cualidades que las hacen favorables para este tipo de cerámica.

Es así que se concluye que las arcillas estudiadas en el presente trabajo investigativo son idóneas en su totalidad para elaboración de cerámica plana dependiendo del tipo de cerámica que se desee producir cerámica roja o blanca o en su defecto como agregados para la elaboración de mezclas con el mismo fin.

9. RECOMENDACIONES:

De los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede recomendar lo siguiente:

- Se debe realizar un análisis mineralógico para identificar los minerales y el porcentaje que contiene cada muestra tales como caolín, arcillas y feldespatos minerales indispensables en la producción de cerámica plana.
- Realizar una valoración acerca de los prospectos analizados en este trabajo ya que pueden servir como depósitos o yacimientos de buena calidad para ser explotados por diversos medios.
- La integración de laboratorios de la Universidad, por cuanto existiendo los equipos en diferentes áreas, los traslados y permisos para el uso de los mismos resulta engorroso y largo, razón por la cual se incrementa el tiempo de la investigación.
- La adquisición de nuevos equipos para mejorar la investigación con relación a la caracterización de materias primas para la producción de cerámica.

10. BIBLIOGRAFÍA:

AICE-ITC: Instituto Tecnológico de Cerámica. (2019). *Curso de Fabricación de Baldosas Ceramicas por Monococcion.* España.

Aspden, J., Bonilla, W., & Duque, P. (1995). *The El Oro Metamorphic Complex, Ecuador: geology and economic mineral deposits.* Nottingham: BGS - CODIGEM.

ASTM C326-03. (s.f.). Standard Test Method for Drying and Firing Shrinkages of Ceramic Whiteware Clays.

ASTM D422. (s.f.). *Test Procedures for Particle-Size Analysis – Mechanical Method.*

ASTM D4318-95a. (s.f.). *Standard Test Method for Liquid Limit, and Plasticity Index of Soils.*

Cochrane, R. (2013). *U-Pb thermochronology, geochronology and geochemistry of NW South America: Rift to drift transition, active margin dynamics and implications for the volume balance of conti-nents.* Universidad de Ginebra, Departamento de Mineralogía. Ginebra: Universidad de Ginebra.

Corrochano , D. (2014). *Geología Sedimentaria y Sedimentología dentro del Proyecto del Mapeo Geológico a Nivel Nacional a escala 1:50.000.* Quito: INIGEMM - PROMETEO.

Das, B. M. (2013). *Fundamento de Geotecnica, Cuarta Edicion.* Santa Fe: Cengage Learning Editores, S.A.

Egüez, A., & Poma, O. (2001). *La Cuenca Alamor-Lancones en el contexto geodinámico de los Andes de Huancabamba, SW Ecuador.* Quito: Cuartas Jornadas en Ciencias de la Tierra - EPN.

Enrrique, N. J., & Amorós, J. (1985). *Tecnologia cerámica. Vol. 1. Introduccion a la tecnología cerámica. Materias primas cerámicas.* Valencia, España.

ESPOL. (2016). *DEPOSITOS Y MINERALES NO METALICOS EN EL ECUADOR.* QUITO.

Galán, E., & Aparicio, P. (2000). *Materias primas para la industria cerámica.* Obtenido de http://www.ehu.eus/sem/seminario_pdf/SEMINARIO_SEM_2_031.pdf

Guggenheim, S., & Martín, R. (1995). Definition of clay and clay mineral: Joint report of the AIPEA and CMS Nomenclature Committees. 255-256.

Hungerbühler, D., Steinmann, M., Winkler, W., Seward, D., Egüez, A., Peterson, D., . . . Hammer, C. (2002). Neogene stratigraphy and Andean geodynamics of southern Ecuador. *Earth - Science Reviews*, 75-124.

Hungerbühler, Dominik. (1997). *Neogene basins in the Andes of southern Ecuador: evolution, deformation and regional tectonic implications.* Zürich: ETH Zürich.

INIGEMM. (2011). *Mapa de ocurrencias de minerales no metalicos.Ecuador* . Obtenido de https://www.geoinvestigacion.gob.ec/mapas/1000000/Indicios-Minerales_No_Metalicos_2011.pdf

INIGEMM. (2013). *Memoria Técnica Hoja Geológica de Cariamanga escala 1:100.000.* Quito.

INIGEMM. (2013b). Memoria Técnica Hoja Geológica de Cariamanga 1:100 000. Modelo piloto para la determinación del potencial geológico-mineralógico de las zonas Zaruma y Cariamanga escala 1:100 000. 9-65.

INIGEMM. (2015). *Proyecto de Investigación Geológica y Disponibilidad de Ocurrencias de Recursos Minerales en el Territorio Ecuatoriano (Memoria y mapa de Gonzanama, Escala 1: 50 000).* Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico, Geología. Quito: INIGEMM.

INIGEMM. (2016). MEMORIA TÉCNICA DE LA HOJA GEOLÓGICA GONZANAMÁ ESCALA 1:50 000.

INIGEMM. (2017). *Hoja geológica Gonzanamá escala 1:100.000.* Quito-Ecuador.

Jaillard, E., Ordoñez, M., Berrones, G., P., B., Bonhome, M., Jimenes, N., & I., Z. (1996). Sedimentary and tectonic evolution of the arc zone of Southwestern Ecuador during Late Cretaceous and Early Tertiary times. *Jounal of South American Earth Sciencies*, 131-140.

JUNTA DE CASTILLA Y LEON. (2007). *LOS MINERALES INDUSTRIALES.* ESPAÑA: Domènech e-learning multimedia, S.A.

Kennan, L., & Pindell, J. (2009). Dextral shear, terrane accretion and basin formation in the Northern Andes: best explained by interaction with a Pacific-derived Caribbean Plate. *In: James,K; Lorente, M.A. & Pindell, J; (eds) The geology and evolution of the region between North and South America, Geological Society of London, Special Publication.*

Kennerley, J. (1973). *Geology of Loja Province, southern Ecuador, Report No 23.* London: Institute of Geological Sciences (Overseas Division). Photogeological Unit.

Litherland, M., Aspden, J., & Jemielita, R. (1994). *The metamorphic belts of Ecuador.* Nottingham, Inglaterra: Brithish Geological Survey.

Mourier, T., Laj, C., Mégard, F., Roperch, P., Mitouard, P., & Farfan Medrano, A. (1988). An accreted continental terrane in northwestern Peru. *Earth and Planetary Science Letters*, 182-192.

Osama, S., Khalid , T., & Jamal, D. (2011). Exploration, Evaluation and Investment Opportunities of Feldspar Ore Deposits in Jordan. *The 6th Jordanian International Mining Conference*, 7-11.

P. Sembenelli. (1966). *los limites de Atterberg y su significado en la industruia ceramica y ladrillera.* Italia.

Paladines, A., & Soto, J. (2010). *Geologia y yacimientos minerales del Ecuador.*

Pilatasig , L., Gordon, D., Palacios, O., & Sánchez, J. (2007). *Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades Andinas Ecuador - Perú - Canadá.* DINAGE - INGEMMET.

Pinto, A. (2011). Materiales y Materias Primas: Ceramicos. 15-16. Obtenido de http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/ceramicos.pdf

Prefectura de Loja. (2014). *PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DE LOJA 2015-2025.* LOJA.

S. Brito, H. M. (1990). nventario de Materias Primas No Metálicas en el Ecuador. Provincia de Loja. *INEMIN-BGR*.

SACMI: Asociación Española de Técnicos Cerámicos. (2004). *Tecnologia Cerámica Aplicada*. España: Litografica Faenza S.R.L.

Spikings, R., Cochrane, R., Villagómez, D., Van der Lelij, R., Vallejo, C., Winkler, W., & Beate, B. (2015). The Geological History of northwestern South America: from Pangaea to the early collision of the Caibbean Large Igneous Province (290-75 Ma)). *Gondwana Research*, *27*, 95-139.

Spikings, R., Winkler, W., Hughes, R., & Handler, R. (2005). Thermocronology of allochthonous terranes in Ecuador: Unravelling the accretionary and post-accretionary history of the Northern Andes. *Tectonophysics*, 195-220.

Steinmann, M., Hungerbühler , D., Seward, D., & Winkler, W. (1999). Neogene tectonic evolution and exhumation of the southern Ecuadorian Andes: a combined stratigraphy and fission-track approach. *Tectonophysics*, 255-276.

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA "JOSE SIMEON CAÑAS", UCA. (2007). *ANALISIS DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS POR TAMIZADO EN AGREGADO FINO Y GRUESO Y DETERMINACIÓN DE MATERIAL MÁS FINO QUE EL TAMIZ No. 200 (75 um) EN AGREGADO MINERAL POR LAVADO.* El Salvador.

Universidad de Alicante. (s.f.). *ESPECTROSCOPÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X*. Obtenido de https://sstti.ua.es/es/instrumentacion-cientifica/unidad-de-rayos-x/espectroscopia-de-fluorescencia-de-rayos-x.html

Uribe, R. (2015). Investigaciones de Materias Primas Minerales No Metálicas en el Ecuador. *REVISTA POLITECNICA*, 34-44.

Viteri, F. (2013). INSTRUCTIVO PARA EL MANEJO DE FICHAS DE DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE MUESTRAS DE ROCAS. Obtenido de https://docplayer.es/45536903-Instructivo-para-el-manejo-de-fichas-de-descripcion-macroscopica-de-muestras-de-rocas.html

WINCKELL, A., MAROCCO, R., WINTER, T., HUTTEL , C., POURRUT , P., ZEBROWSKI, C., & SOURDAT, M. (1992). *Las Condiciones del Medio Natural. Libro de Geografía Básica del Ecuador.* (Vol. 1).

11. ANEXOS:

Anexo 1……113
Anexo 2……114
Anexo 3……115
Anexo 4……116
Anexo 5……117
Anexo 6……180
Anexo 7……189
Anexo 8……205

Anexo 1.

MAPA GEOLÓGICO REGIONAL DEL AREA DE ESTUDIO

Anexo 2.

MAPA DE AFLORAMIENTOS DEL AREA DE ESTUDIO

Anexo 3.

MAPA DE MUESTRAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Anexo 4.

MAPA DE INDICIOS DE MINERALES NO METALICOS ENCONTRADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO.

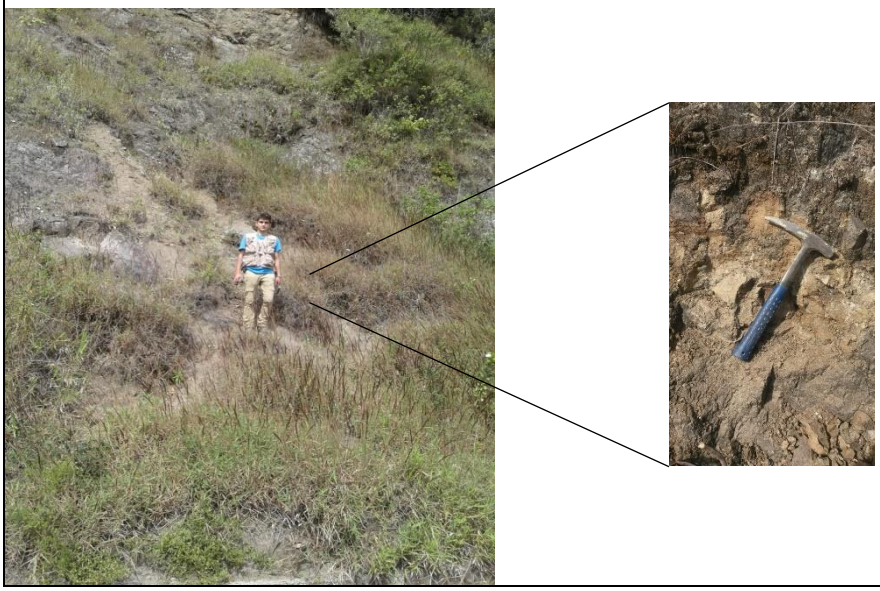
Anexo 5.

FICHA DE DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	1	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Macaicanza			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 663082	**Y**: 9523205	**Z**: 2085	
Formación/Unidad	Unidad el fundo? Unidad Changaimina			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	x
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	x
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	N/A			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento está constituido por andesita de color gris- marrón medianamente alterada altamente compacta, de escasa cobertura vegetal. Dicho afloramiento tiene una altura de 15 metros aproximadamente con 100 metros de largo.

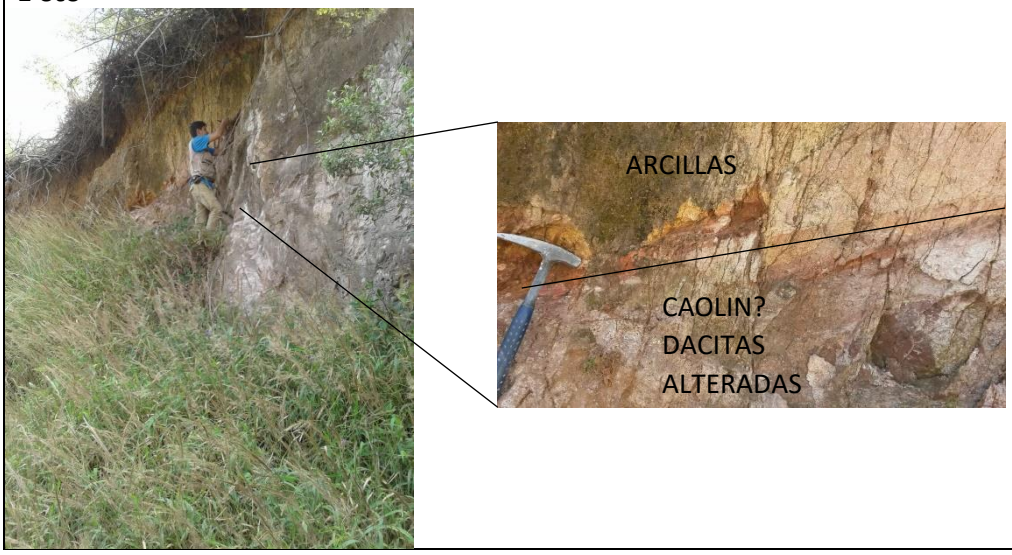
Foto:



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	2	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Macaicanza			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 663943	**Y**: 9523772	**Z**: 2104	
Formación/Unidad	La Cruz? Ahuaca			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	x
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	x
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	C-001			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento está constituido principalmente por material arcilloso. Se distinguen dos estratos, el superior conformado por arcillas de coloración amarillenta de grano fino; en el estrato subyacente conformado por dacitas? Altamente alteradas de coloración gris claro con presencia de alta humedad y alta compactación.

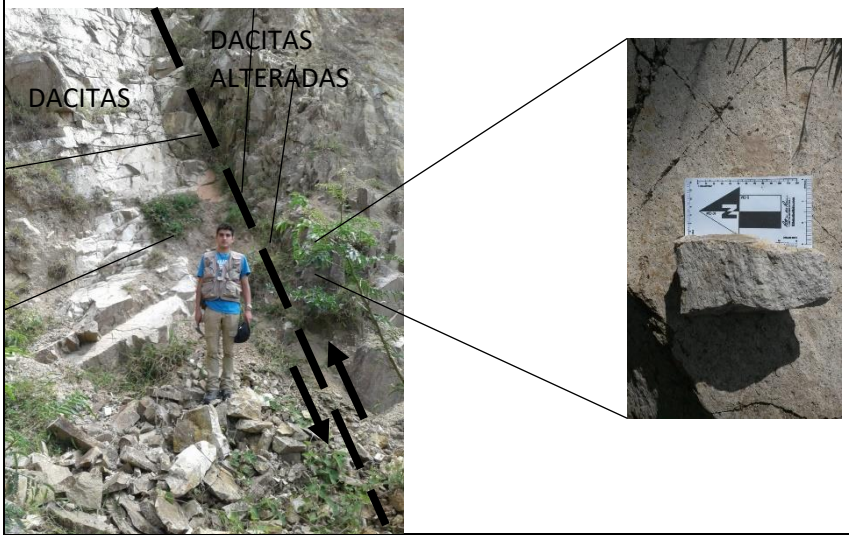
Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	3	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Calvas - Macaicanza			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 664511	**Y**: 9522720	**Z**: 2024	
Formación/Unidad	Ahuaca			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*	x	*Artificial*	
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	x
Medidas estructurales	Rumbo	N84°E/ 29°SE Falla: 186°/74°S	Buzamiento	N/A
Muestra	C-002			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento está constituido por dacitas color blanco a rosado con presencia de una falla de tipo normal dando como resultado una alteración de las dacitas a color gris claro y presentándose alta meteorización alrededor de la falla.

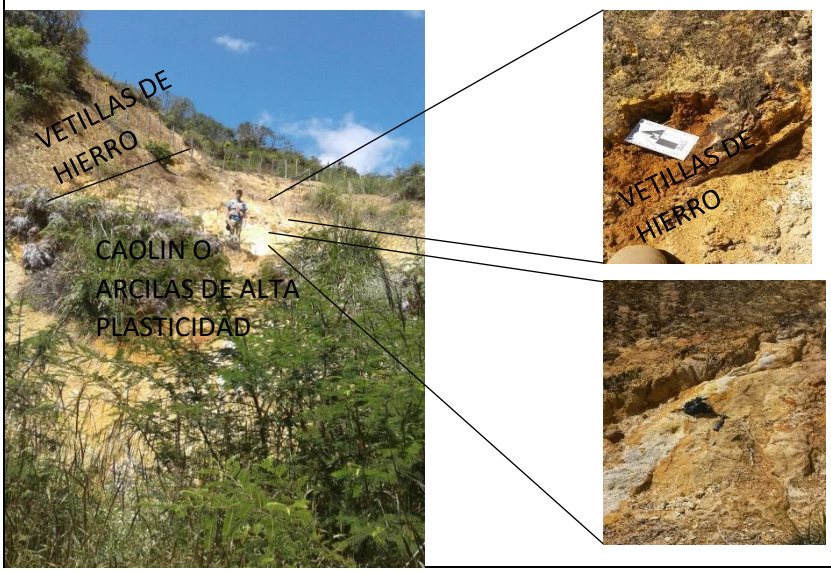
Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	4	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Calvas - Macaicanza			
Responsable:	Julio Cesa Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 665304	**Y**: 9520539	**Z**: 2117	
Formación/Unidad	Ahuaca			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	x
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	x
Medidas estructurales	Rumbo	S30°E/59°SW	Buzamiento	N/A
Muestra	C-003			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento está al lado de la vía, constituido por arcillas de color amarillento a blanco posible caolín por su textura cerosa; este afloramiento tiene una altura de 18 metros y un largo de 50 metros; posee unas vetillas de óxido de hierro de unos 0.15 metros aproximadamente medianamente alterado.

Foto

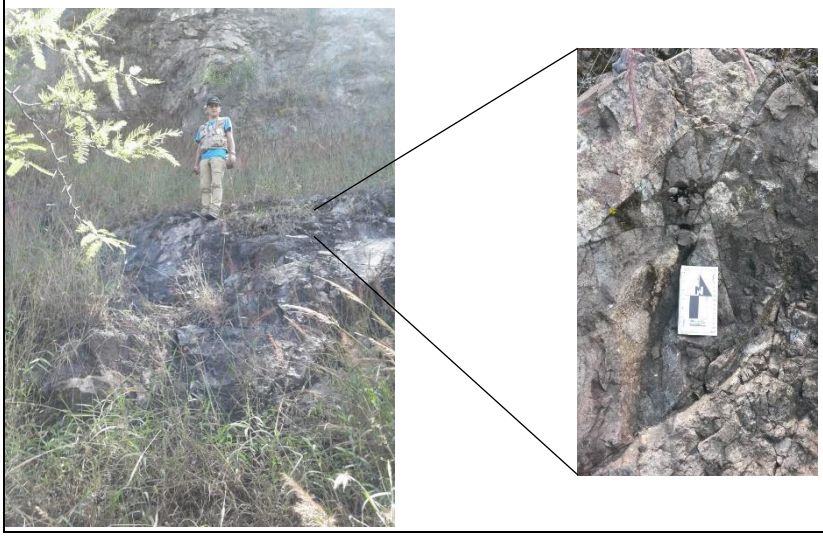


	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	5	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	El lucero			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 665084	**Y**: 9518310	**Z**: 1830	
Formación/Unidad	Changaimina			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	x
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	x
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	C-004			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento está constituido por andesitas masivas altamente meteorizadas y fracturadas de color grisáceo a morado, se puede evidenciar la presencia de vetillas de cuarcita de espesor de hasta 2 mm.

El afloramiento tiene una altura de 20 metros y 15 metros de largo.

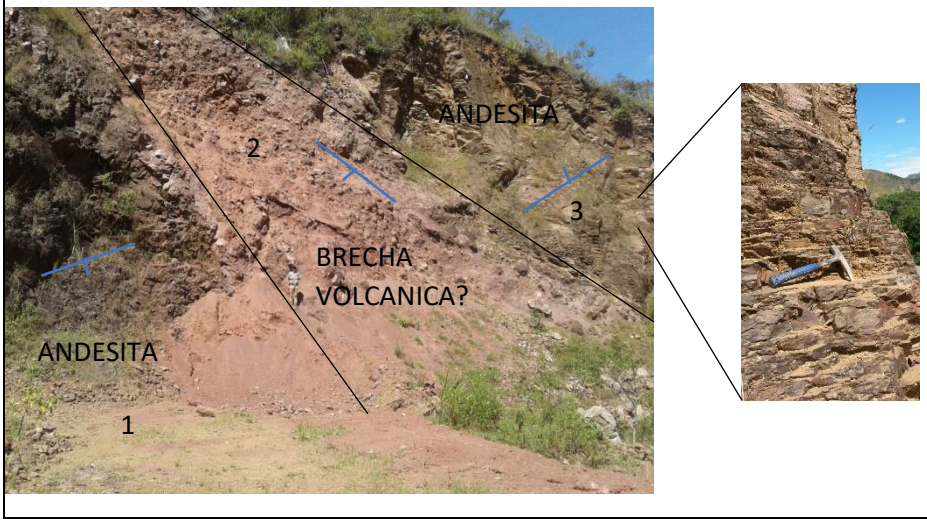
Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	6	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	El lucero			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 667786	**Y**: 9516035	**Z**: 1526	
Formación/Unidad	Changaimina			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	x
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	x
Medidas estructurales	Rumbo	1.- N43°E/2° SE 2.- S72°E/37° SW 3.- S15°W/9° NW	Buzamiento	N/A
Muestra	C-005			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento está constituido principalmente por materia volcánico se evidencio una andesita poco meteorizada intercalada con una brecha volcánica altamente alterada de coloración morada con clastos angulosos de grandes dimensiones. Se evidencia posible falla de tipo normal por el buzamiento de las estructuras

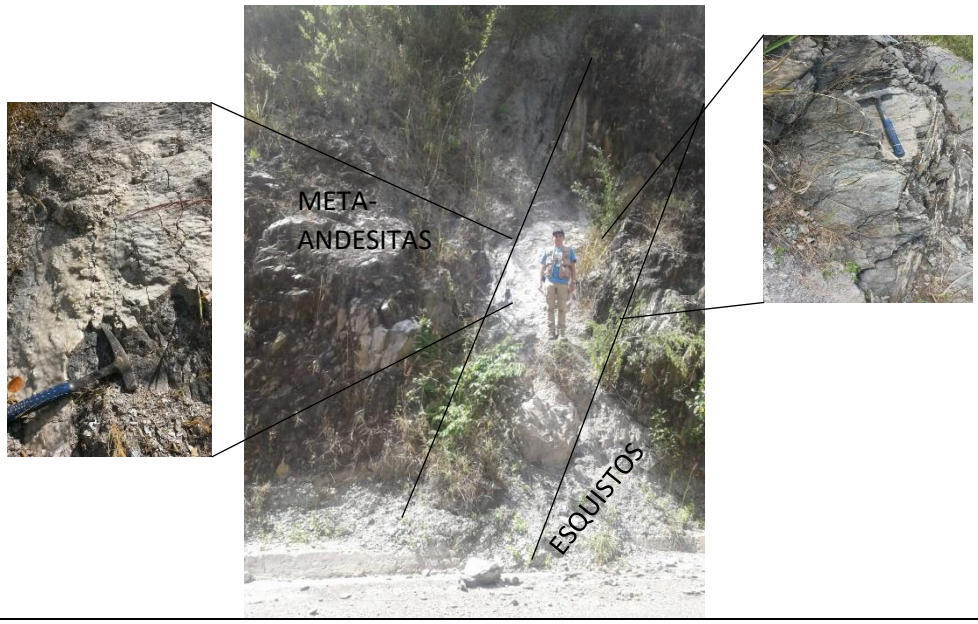
Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	7	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Fundochamba			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 677626	**Y**: 9522460	**Z**: 1428	
Formación/Unidad	Alao Paute			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	x
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	x
Medidas estructurales	Rumbo	N70°E/76°SE	Buzamiento	N/A
Muestra	C-006			
Estado de alteración:	Bajo			

Observaciones: El afloramiento está constituido principalmente por esquistos gris-verdosos poco meteorizados con pequeñas vetillas de carbonatos. Además se evidencio la presencia de meta-andesita bien compacta.

Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	8	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Quilanga			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 675495	**Y**: 9527501	**Z**: 2323	
Formación/Unidad	Gonzanamá			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	x
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	x
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	C-007			
Estado de alteración:	Medio			
Observaciones: El afloramiento se encuentra al lado de la vía, está constituido principalmente por material arcilloso de color amarillento a rosado, poco compacto y altamente plástico.				
Foto				

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	9	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Changaimina			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 690890	**Y**: 9535048	**Z**: 1536	
Formación/Unidad	Unidad El Fundo? Rio Guayucu			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	x
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	x
Medidas estructurales	Rumbo	N55°W/10°SE	Buzamiento	N/A
Muestra	N/A			
Estado de alteración:	Bajo			

Observaciones: El afloramiento está constituido por capas sub-horizontales compuestas principalmente de areniscas bien compactas de color gris con clastos angulares de diámetros de 0.20 metros aproximadamente, con espesor de 0.50 metros; intercalados con capas de areniscas de color amarillento de espesor 0.30 metros, se puede evidenciar una discontinuidad posiblemente causada por una falla o un deslizamiento antiguo.

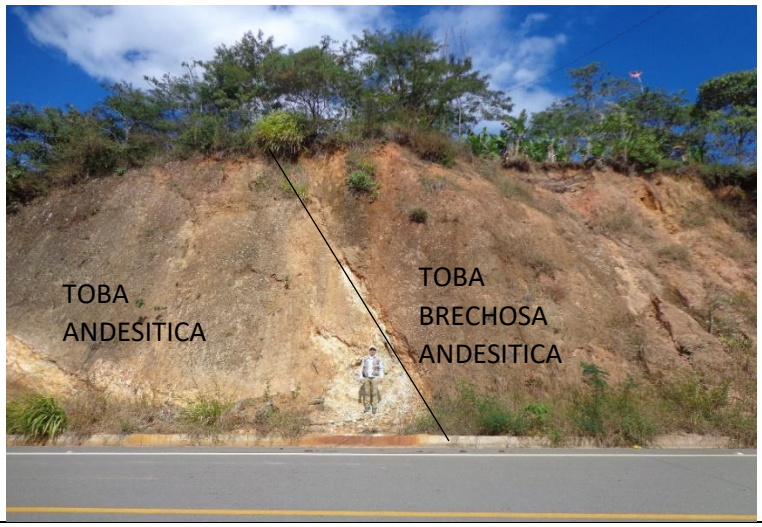
Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	10	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Cariamanga			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 656491	**Y**: 9519384	**Z**: 1830	
Formación/Unidad	Formación Sacapalca			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	x
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	x
	Bajo		*Montañoso*	
Medidas estructurales	Rumbo	N 35° E	Buzamiento	70° SE
Muestra	C-010			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones:

El afloramiento de 6 metros de altura con 17 metros de longitud, presenta escasa cobertura vegetal; está constituido por dos litologías bien diferenciadas, la primera litología comprende a tobas andesiticas de coloración gris con presencia de sulfuro de Fe(pirita). La segunda litología contiene a tobas brechosas de composición andesitica a dacitica con manchas de hidróxido de fe(limonita).

Foto

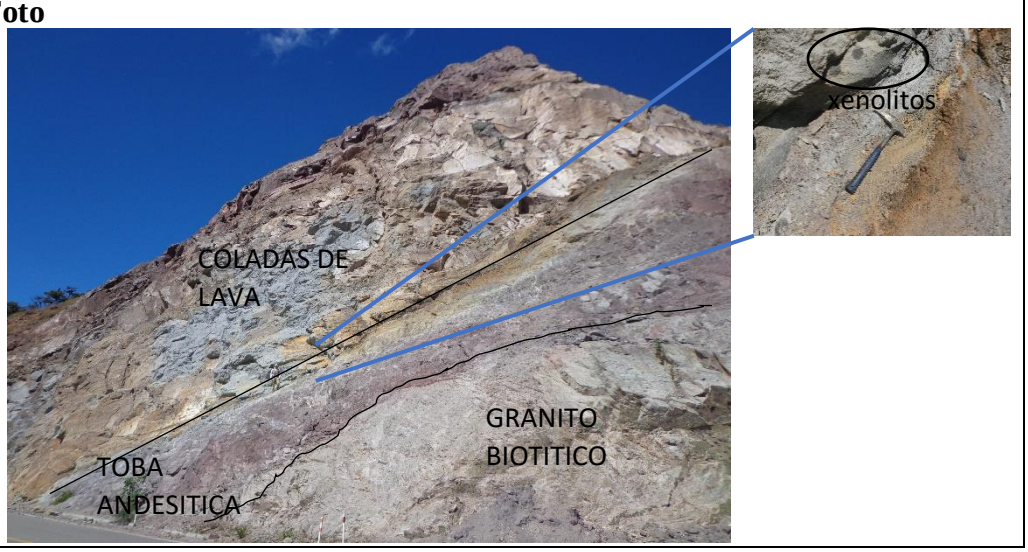


	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	11	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Cariamanga			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 653981	**Y**: 9520765	**Z**: 1865	
Formación/Unidad	Granito			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	x
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	x
Medidas estructurales	Rumbo	N 66° E	Buzamiento	26° SW
Muestra	C-011			
Estado de alteración:	Bajo			

Observaciones:

El afloramiento de 50 metros de altura con 60 metros de longitud, consta de coladas de lava con xenolitos de aproximadamente 0.15 metros de diámetro instruido por el granito de composición biotitico con fenocristales de feldespatos y plagioclasas; e intermedio una toba andesitica de color morado.

Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	12	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Utuana			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 644333	**Y**: 9520175	**Z**: 2581	
Formación/Unidad	Formación Piñón.			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	x
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	x
	Bajo		*Montañoso*	
Medidas estructurales	Rumbo		Buzamiento	
Muestra	C-012			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones:

El afloramiento de 5 metros de altura con 20 metros de longitud, presenta escasa cobertura vegetal; está constituido principalmente por arcillas caoliniticas de coloración blanca a rosado prosiblemente de alteración de un pórfido riolítico o granítico.

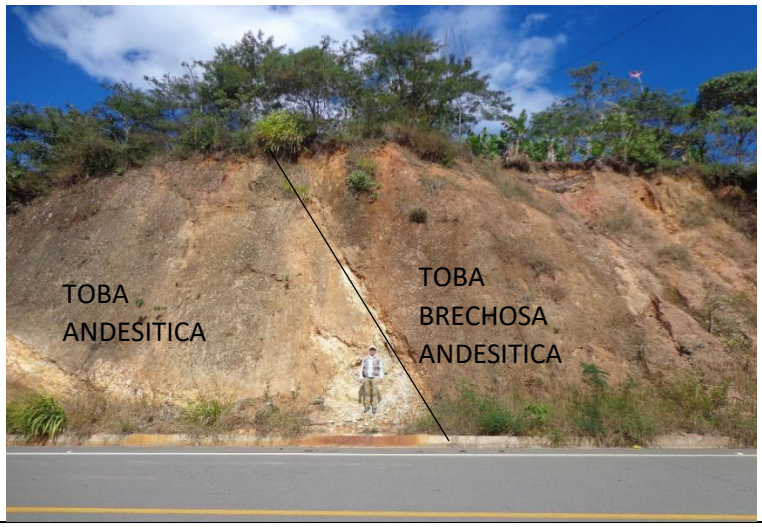
Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	13	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Cariamanga			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 656491	**Y**: 9519384	**Z**: 1830	
Formación/Unidad	Formación Sacapalca			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	x
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	x
	Bajo		*Montañoso*	
Medidas estructurales	Rumbo	N 35° E	Buzamiento	70° SE
Muestra	C-013			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones:

El afloramiento de 6 metros de altura con 17 metros de longitud, presenta escasa cobertura vegetal; está constituido por dos litologías bien diferenciadas, la primera litología comprende a tobas andesiticas de coloración gris con presencia de sulfuro de Fe (pirita). La segunda litología contiene a tobas brechosas de composición andesitica a dacitica con manchas de hidróxido de fe(limonita).

Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	14	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Tacamoros			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 640784	**Y**: 9510498	**Z**: 2004	
Formación/Unidad	Formación Piñón			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	x
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	x
Medidas estructurales	Rumbo	S 54°E	Buzamiento	88° SE
Muestra	C-014			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento de 7 metros de altura con 22 metros de longitud, presenta escasa cobertura vegetal; está constituido por dos litologías bien diferenciadas, la primera litología comprende a brechas de composición andesitica con coloración blanca a gris altamente fracturada y alterada; la siguiente litología compuesta por andesita basáltica altamente compacta con presencia de pequeñas vetillas de sílice.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	15	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Cariamanga			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 641176	**Y**: 9517622	**Z**: 2309	
Formación/Unidad	Formación Sacapalca			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	x
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	x
	Bajo		*Montañoso*	
Medidas estructurales	Rumbo	N 35° E	Buzamiento	70° SE
Muestra	C-015			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones:

El afloramiento de 30 metros de altura con 40 metros de longitud, presenta escasa cobertura vegetal; constituido principalmente por tobas rioliticas de coloración rojiza a blanca poco compacta, también se evidenció la presencia de andesitica basáltica de coloración gris oscuro con pequeñas vetillas de sulfuro de Fey en diseminado.

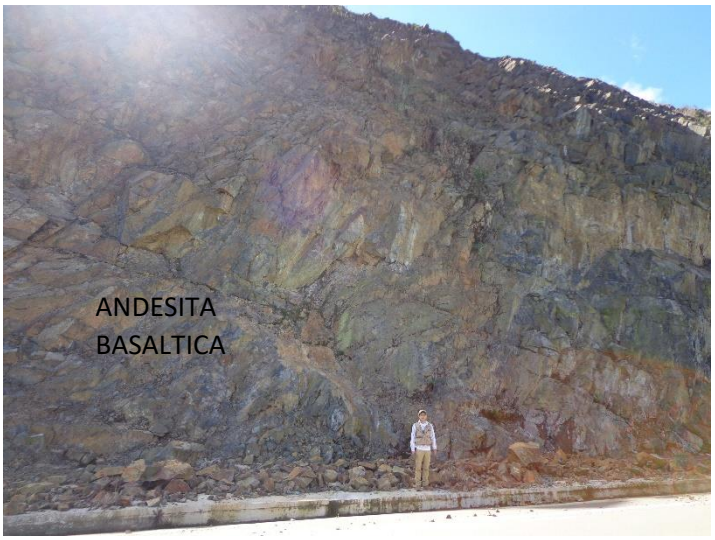
Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	16	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Punta de Piedra – Sozoranga.			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 639282	**Y**: 9518814	**Z**: 2113	
Formación/Unidad	Formación Piñón			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	x
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	x
Medidas estructurales	Rumbo		Buzamiento	
Muestra	C-016			
Estado de alteración:	Bajo			

Observaciones:

El afloramiento de 40 metros de altura con 25 metros de longitud, está constituido por andesitas basálticas de coloración gris oscuro con alto grado de fracturas; se evidenció la presencia de pirita diseminada y en vetillas y carbonatos por posible infiltración de materiales carbonatados por las fracturas de la roca.

Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	17	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Cariamanga			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 658790	**Y**: 9520561	**Z**: 1980	
Formación/Unidad	Unidad Rio Guayucu?			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	X
	Bajo		*Montañoso*	
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	C-017			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento de 5 metros de altura con 14 metros de longitud, presenta bastante cobertura vegetal; constituido por tobas daciticas de coloración morado por el alto contenido de óxidos de hierro (hematita), correspondientes a la unidad Ahuaca, se puede evidenciar la presencia de materia vegetal agrietando la roca.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	18	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Cariamanga			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 658546	**Y**: 9519975	**Z**: 2015	
Formación/Unidad	Unidad Rio Guayucu			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	X
	Bajo		*Montañoso*	
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	N/A			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento de 7 metros de altura con 20 metros de longitud, presenta bastante cobertura vegetal; constituido por depósitos de caída específicamente compuesto de tobas de coloración purpura por el alto contenido de óxidos de hierro (hematita) y una textura afanitica.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	19	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Cariamanga- Yambaca			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 658246	**Y**: 9519119	**Z**: 2066	
Formación/Unidad	Unidad Ahuaca			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	C-019			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra al margen izquierdo de la vía Cariamanga –Yambaca, a unos 5 km aproximadamente de la urbe; tiene unos 8 metros de altura con 22 metros de longitud, presenta bastante cobertura vegetal; constituido por dacitas porfiricas alteradas en arcillas de coloración blanca a rosada, manchado con oxidos de hierro.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	20	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Cariamanga- Yambaca			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 658366	**Y**: 9519300	**Z**: 2068	
Formación/Unidad	Unidad Ahuaca			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*	X	*Artificial*	
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	X
	Bajo		*Montañoso*	
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	C-020			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra al margen izquierdo de la vía Cariamanga –Yambaca, a unos 4 km aproximadamente de la urbe; tiene unos 5 metros de altura con 20 metros de longitud, presenta bastante cobertura vegetal; constituido por tobas daciticas a rioliticas de coloración blanco a rosa altamente alteradas con material arcilla caolinítica con presencia de óxidos de hierro.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	21	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Cariamanga- Yambaca			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 657731	**Y**: 9518230	**Z**: 2123	
Formación/Unidad	Unidad Ahuaca?			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N32°E	Buzamiento	39°SE
Muestra	C-021			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra al margen izquierdo de la vía Cariamanga –Yambaca, a unos 7 km aproximadamente de la urbe; tiene unos 3 metros de altura con 8 metros de longitud, presenta bastante cobertura vegetal; constituido por 2 litologías en una posible zona de falla; la primera corresponde a una toba dacitica de color gris (unidad ahuaca) sobreyacidas por una capa de lavas andesiticas de color gris a verde, se pudo evidenciar la prescencia de arcillas como material de relleno de la zona de falla.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	22	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Yambaca- Chalacanuma			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 657976	**Y**: 9517052	**Z**: 2238	
Formación/Unidad	Unidad Ahuaca?			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	C-022			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento se encuentra al margen izquierdo de la vía Yambaca –Chalacanuma, a unos 10 km aproximadamente de la urbe; tiene unos 30 metros de altura con 50 metros de longitud, presenta escasa cobertura vegetal; constituido por tobas dacíticas de color gris claro a blanco con tonos rosa debido al contenido de óxidos de hierro como hematita, por fuertes procesos de meteorización que se observan claramente en estas rocas.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	23	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Yambaca			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 657896	**Y**: 9516589	**Z**: 2220	
Formación/Unidad	Unidad Ahuaca?			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo	X	*Montañoso*	
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	C-023			
Estado de alteración:	Alto			

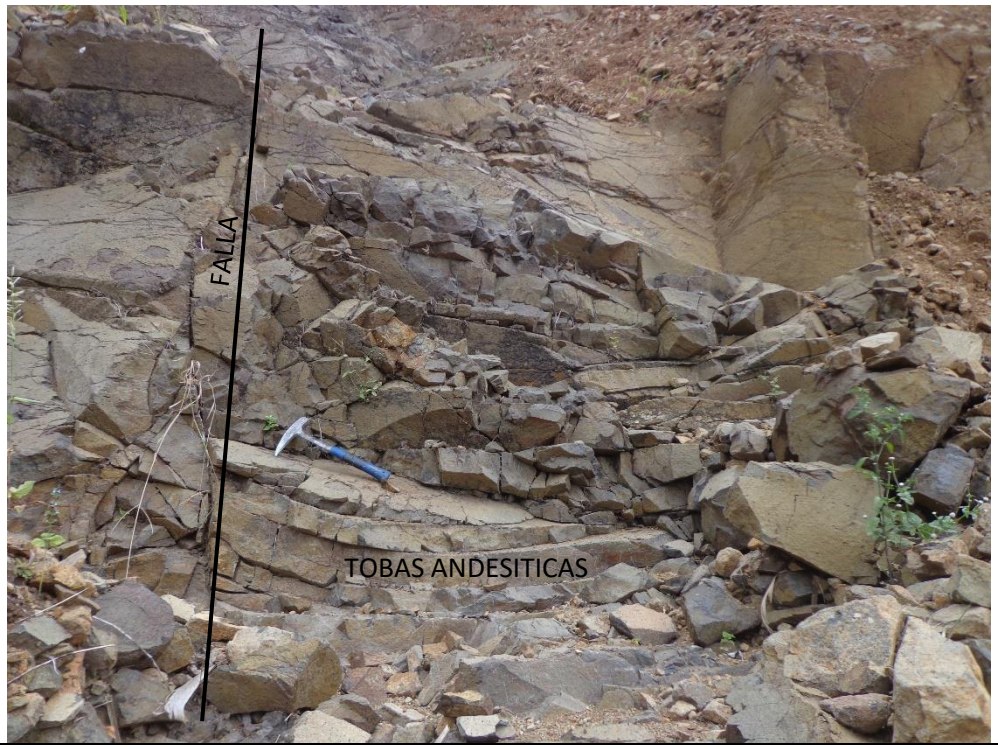
Observaciones: El afloramiento se encuentra al margen izquierdo de la vía Cariamanga –Yambaca, a unos 10 km aproximadamente de la urbe; tiene unos 3 metros de altura con 8 metros de longitud, presenta bastante cobertura vegetal; constituido por areniscas volcánicas altamente meteorizadas de coloración gris clara, se puede observar el material de una granulometría homogénea con alto contenido de sílice.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	24	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Sanguillin			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 664202	**Y**: 9506726	**Z**: 1695	
Formación/Unidad	Unidad Changaimina			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N26°W	Buzamiento	22°NE
Muestra	C-021			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en la entrada a la parroquia Sanguillin, a unos 22 km aproximadamente de la urbe; tiene unos 10 metros de altura con 22 metros de longitud, presenta escasa cobertura vegetal; constituido por lavas andeisiticas-basalticas de color gris oscuro a negro con altos contenidos de minerales maficos, afectados localmente por una falla normal.

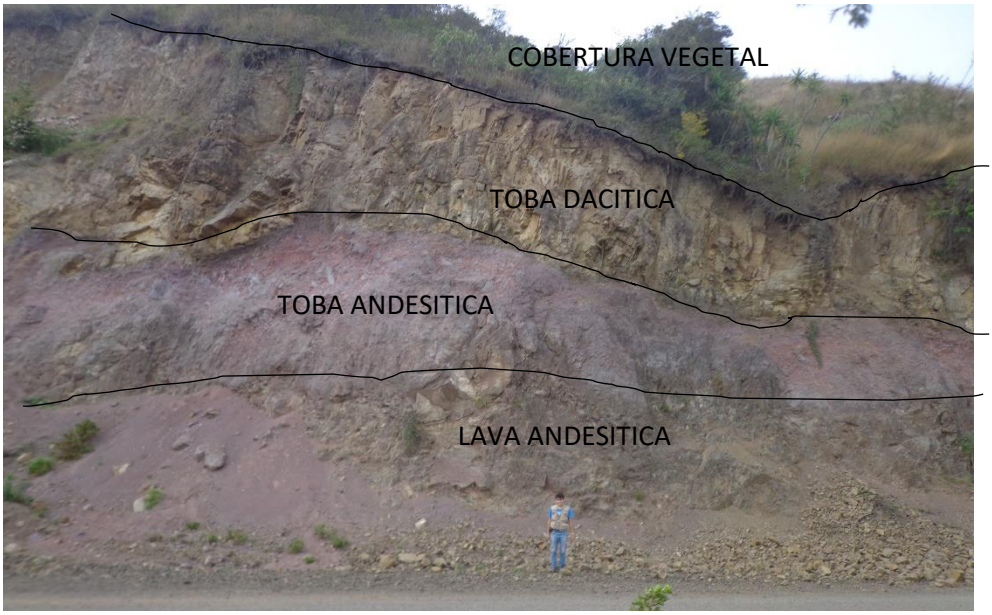
Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	25	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Sanguillín			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 663214	**Y**: 9506783	**Z**: 1929	
Formación/Unidad	Unidad Rio Guayucu			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	S10°W	Buzamiento	21°SE
Muestra	C-025			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra a la salida de Sanguillín al margen izquierdo de la vía El Toldo-Sanguillín, a unos 20 km aproximadamente de la cuidad de Cariamanga; tiene unos 3 metros de altura con 8 metros de longitud, presenta bastante cobertura vegetal; constituido por 3 litologías; la primera corresponde a una toba dacítica de color gris (Unidad ahuaca) que se encuentra en contacto discordante sobreyacidas por una capa de tobas andesíticas de color purpura (Unidad Rio Guayucú) debido a su alto contenido de óxidos de hierro como producto de una intensa meteorización y sobreyace a lavas andesíticas de color gris (Unidad Changaimina).

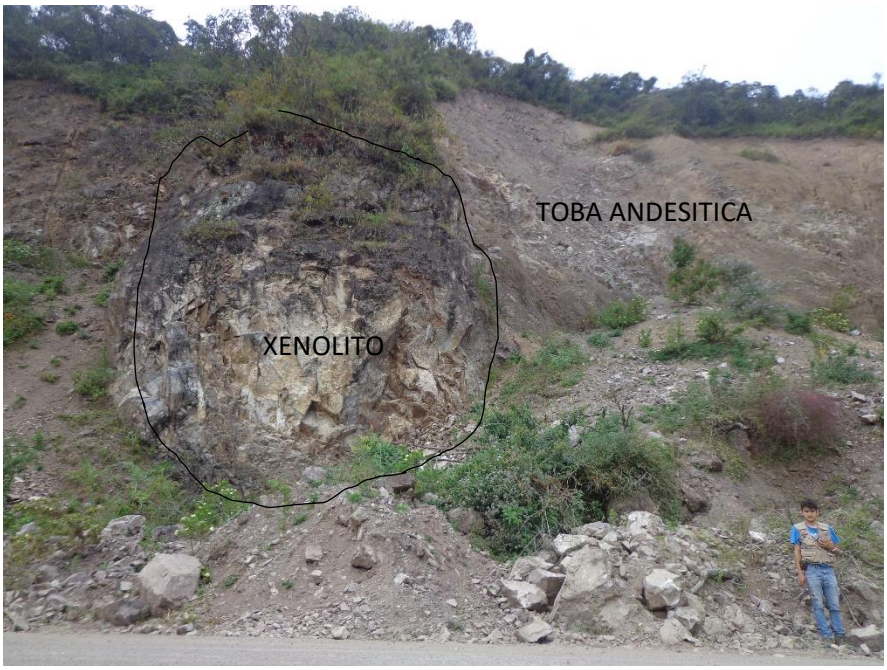
Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	26	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	El Toldo			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 659740	**Y**: 9510378	**Z**: 1989	
Formación/Unidad	Unidad Changaimina			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N50°E	Buzamiento	43°SE
Muestra	C-026			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra al margen izquierdo de la vía El Toldo – Sanguillin, a unos 17 km aproximadamente de la cuidad de Cariamanga; tiene unos 20 metros de altura con 50 metros de longitud, presenta bastante cobertura vegetal; constituido por tobas andesitiicas de color purpura con vetillas de aproximadamente 0.02 m. rellenas de sílice, también se observa la inclusión de un xenolito de composición dacitica con textura porfirica y estructura fluidal.

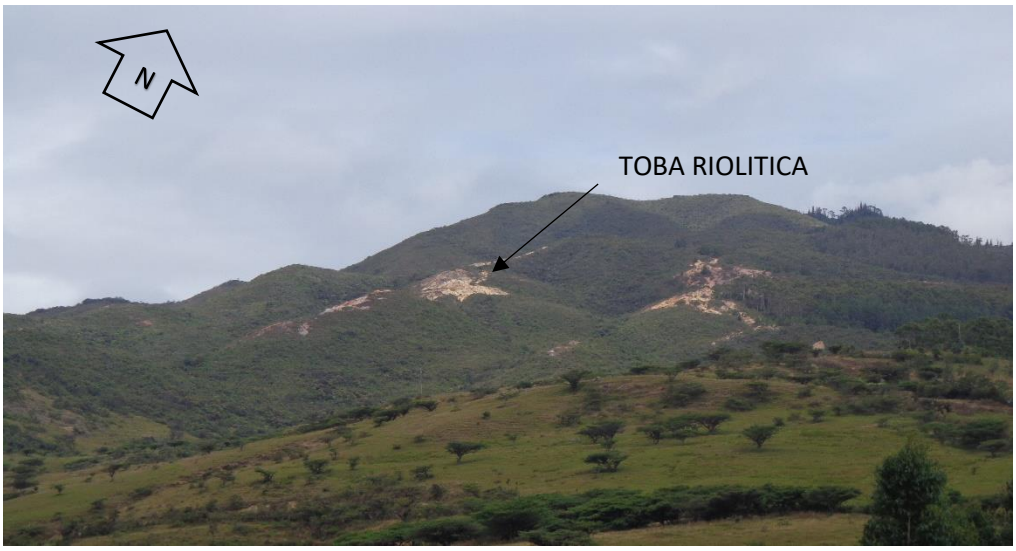
Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	27	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Chalacanuma			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 661252	**Y**: 9513479	**Z**: 1956	
Formación/Unidad	Unidad Ahuaca			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*	X	*Artificial*	
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	C-027			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento se encuentra al margen izquierdo de la vía Cariamanga –Yambaca, a unos 15 km aproximadamente de la urbe; tiene unos 40 metros de altura con 80 metros de longitud, presenta bastante cobertura vegetal; constituido por toba riolitica de color blanco con tonos rosa, debido al alto contenido de arcillas caoliniticas con material feldespático y óxidos como hematita.

Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	28	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Nambacola			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 675387	**Y**: 9540829	**Z**: 2009	
Formación/Unidad	Formación Gonzanamá			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	N/A			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento tiene unos 8 metros de altura con 20 metros de longitud, presenta bastante cobertura vegetal; constituido por un pórfido andesitico bastante alterado de color grisáceo amarillento con una textura porfiritica, en donde se pueden evidenciar minerales como plagioclasas y feldespatos.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	29	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Nambacola			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 676854	**Y**: 9542462	**Z**: 1960	
Formación/Unidad	Formación Gonzanamá?			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*	X	*Artificial*	
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	S15°E	Buzamiento	55°NE
Muestra	M-029			
Estado de alteración:	Medio			

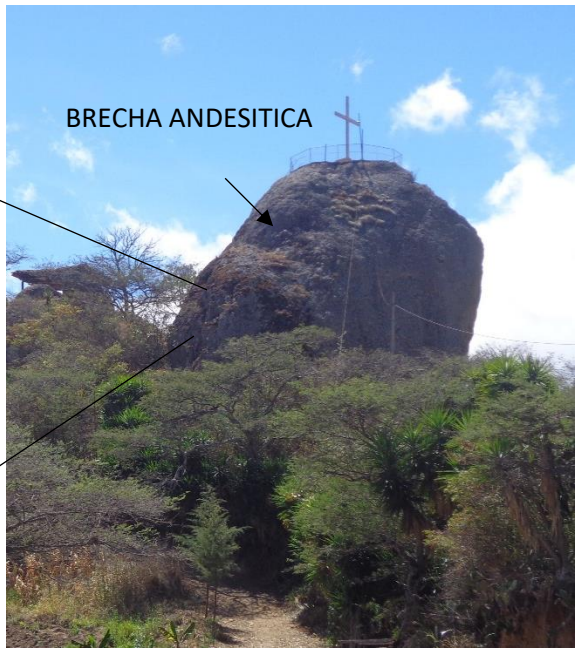
Observaciones: El afloramiento que se encuentra a la entrada a Nambacola, tiene unos 20 metros de altura con 50 metros de longitud, con basta cobertura vegetal; está constituido por riolitas de estructura masiva fuertemente diaclasadas de coloración gris claro, presentan vetillas de sílice.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	30	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Piedra Grande-Gozanamá			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 674103	**Y**: 99543280	**Z**: 1746	
Formación/Unidad	Formación Gonzanamá			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*	X	*Artificial*	
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	N/A			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en el cerro Piedra Grande de la parroquia Nambacola; tiene unos 40 metros de altura con 30 metros de longitud, presenta escasa cobertura vegetal; está constituido por una brecha andesitica de coloración gris oscuro, fuertemente meteorizadas, matriz arenosa clastosoportada, clastos subredondeados a subangulares de hasta 2 cm de composición andesítica

Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	31	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Nambacola			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 674199	**Y**: 9540637	**Z**: 1950	
Formación/Unidad	Formación Gonzanamá.			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-031			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en la vía Nambacola-Gonzanamá; tiene unos 8 metros de altura con 12 metros de longitud, presenta bastante cobertura vegetal; constituido por una brecha andesitica de coloración gris a marrón, con intercalación de areniscas amarillentas; se pudo evidenciar la presencia de cantos redondeados de composición andesitica altamente meteorizado de aproximadamente 1 metro de ancho.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	32	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Nambacola			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 674348	**Y**: 9539967	**Z**: 2017	
Formación/Unidad	Formación Gonzanamá.			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N25°E	Buzamiento	24°NW
Muestra	M-032			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en la vía Nambacola-Gonzanamá; posee una altura de 10 metros con una longitud de 12 metros; consiste de estratos rítmicos de areniscas calcáreas de grano grueso color amarillo y vetillas centimétricas de calcita, que se intercalan con estratos métricos de limolitas negras con nódulos de calcita.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	33	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Gonzanamá			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 674838	**Y**: 9539078	**Z**: 2093	
Formación/Unidad	Pórfido Andesítico			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*	X	*Artificial*	
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-033			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en la vía Nambacola-Gonzanamá; posee una altura de 6 metros con una longitud de 10 metros; consiste en un pórfido de composición andesitica de coloración gris claro con presencia de óxidos de hierro y materia vegetal.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	34	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Gonzanamá			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 673982	**Y**: 9538819	**Z**: 2037	
Formación/Unidad	Formación Gonzanamá			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N20°E	Buzamiento	23°NW
Muestra	M-034			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en la vía Nambacola-Gonzanamá; posee una altura de 10 metros con una longitud de 25 metros, con bastante cobertura vegetal; consiste de estratos de limolitas calcáreas métricas de coloración marrón intercaladas con capas de calizas de color crema de hasta 0.50 metros de espesor.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	35	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Nambacola			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 673876	**Y**: 9538288	**Z**: 2021	
Formación/Unidad	Formación Gonzanamá?			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-035			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en la vía Nambacola-Gonzanamá; posee una altura de 50 metros con una longitud de 70 metros; consiste en un cuerpo masivo altamente meteorizado de composición granodioritica, de textura equigranular con presencia de piroxenos y micas, que está intruyendo a areniscas con matriz limo-arenosa de color amarillento.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	36	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Sacapalca			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 673164	**Y**: 9535359	**Z**: 2262	
Formación/Unidad	Formación Gonzanamá			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-036			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en la vía Sacapalca-Gonzanamá, específicamente a 200 metros de la entrada a Sacapalca; posee una altura de 8 metros con una longitud de 25 metros; consiste en capas de arcillas de color blanco a rojizo en la parte superior debido a la presencia de óxidos de hierro en la composición de estas arcillas.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	37	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Los Encuentros-Gonzanamá			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 668050	**Y**: 9536557	**Z**: 2084	
Formación/Unidad	Unidad la Cruz			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-037			
Estado de alteración:	Bajo			

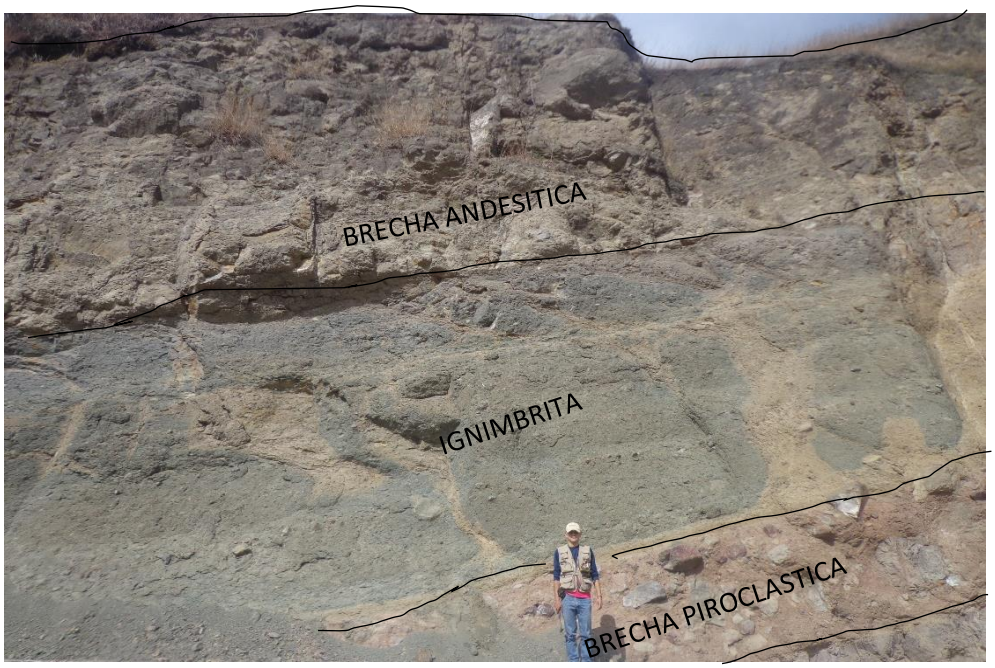
Observaciones: El afloramiento se encuentra en la vía Sacapalca-Los Encuentros; posee una altura de 12 metros con una longitud de 20 metros; consiste en brechas de composición andesitica de color gris con presencia de óxidos de hierro, se evidencia la presencia de sulfuros diseminados.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	38	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Los Encuentros.			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 667186	**Y**: 9538363	**Z**: 1895	
Formación/Unidad	Unidad la Cruz			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N18°W	Buzamiento	18°NE
Muestra	M-038			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en la vía Sacapalca-Los Encuentros; posee una altura de 8 metros con una longitud de 9 metros; consiste de 4 litologias bien diferenciadas, la primera secuencia trata de una brecha de composición andesitica color gris que sobreyace a una capa de ignimbritas de composición andesítica, con bloques subangulares a subredondeados de hasta 0.15 metros de espesor, debajo se encuentra una capa de brecha piroclastica de coloración purpura con matriz clastosoportada con cantos subangulares de hasta 0.60 metros de espesor.

Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	39	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Sacapalca			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 665989	**Y**: 9537149	**Z**: 1760	
Formación/Unidad	Formación Changaimina			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N25°E	Buzamiento	24°NW
Muestra	M-039			
Estado de alteración:	Medio			

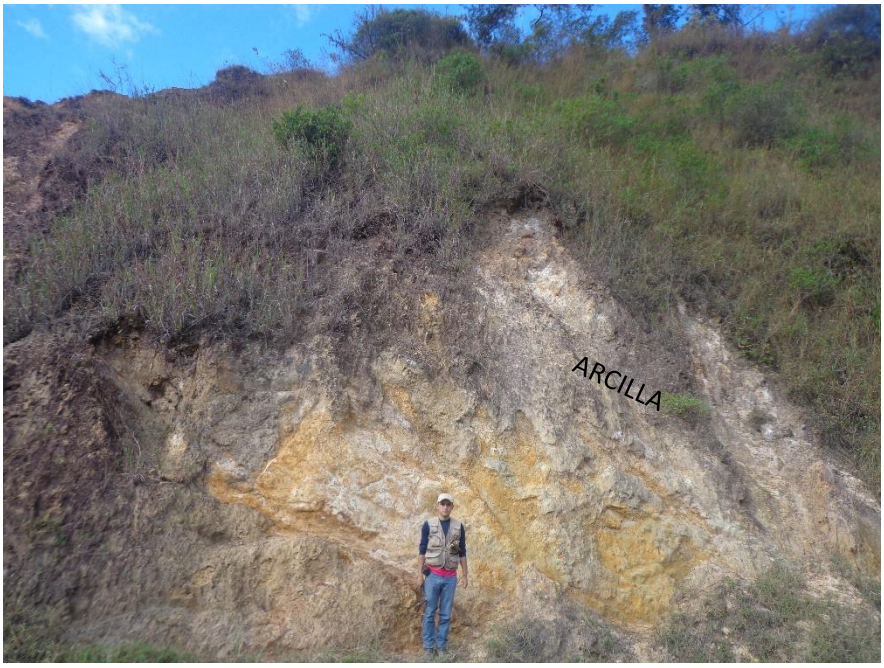
Observaciones: El afloramiento se encuentra en la vía Los Encuentros-Changaimina; posee una altura de 15 metros con una longitud de 18 metros; consiste de una brecha andesitica de color gris a purpura con vetillas rellenas de sílice, se encuentra medianamente meteorizado posee basta cobertura vegetal.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	40	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Nambacola			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 665492	**Y**: 9537334	**Z**: 1716	
Formación/Unidad	Formación Gonzanamá.			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-040			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en la vía Nambacola-Gonzanamá; posee una altura de 6 metros con una longitud de 20 metros; consiste en una brecha de composición dacítica altamente meteorizada a arcilla de coloración gris claro a blanco, se evidencia la presencia de plagioclasas y óxidos de hierro (hematita).

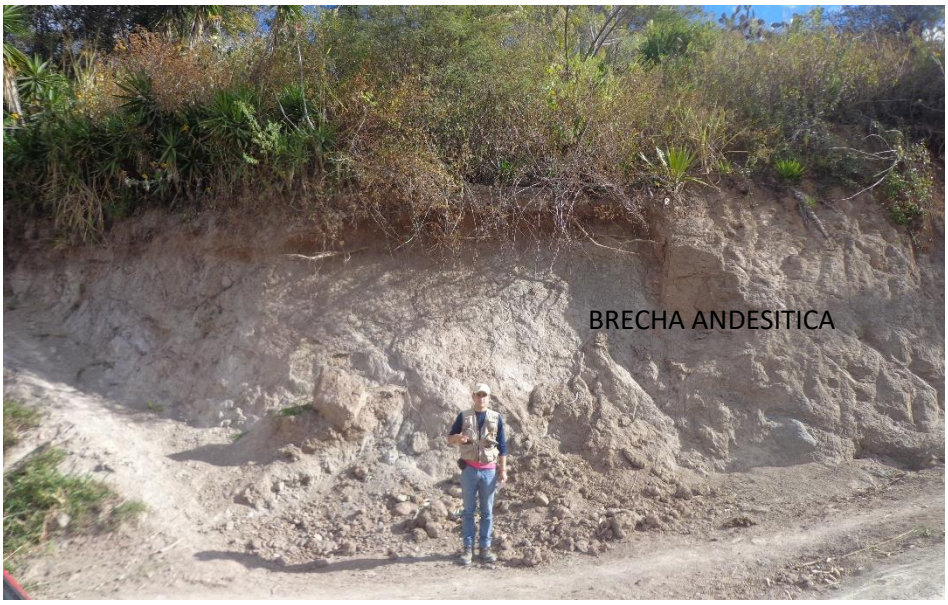
Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	41	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Changaimina			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 663960	**Y**: 9537667	**Z**: 1605	
Formación/Unidad	Unidad Changaimina			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-041			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en la vía Los Encuentros-Changaimina; posee una altura de 5 metros con una longitud de 8 metros; consiste en una brecha de composición andesitica de color gris claro altamente meteorizada.

Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	42	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Changaimina			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 662105	**Y**: 9535911	**Z**: 1809	
Formación/Unidad	Unidad la Cruz			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-042			
Estado de alteración:	Alto			

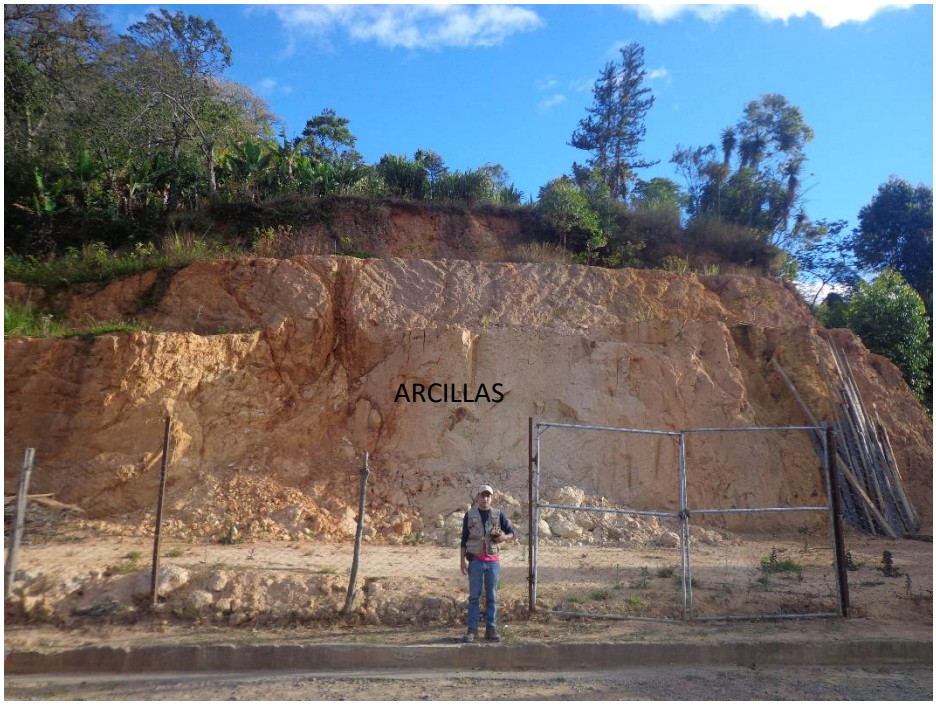
Observaciones: El afloramiento se encuentra en la vía Los Encuentros-Changaimina; posee una altura de 6 metros con una longitud de 12 metros, con escasa cobertura vegetal; consiste en arcillas de coloración purpura, debido a que las brechas piroclasticas han sufrido una intensa meteorización se encuentra el afloramiento en estado arcilloso.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	43	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Changaimina			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 663974	**Y**: 9533022	**Z**: 1944	
Formación/Unidad	Formación Changaimina			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-043			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en la entrada a Changaimina, tiene una altura de 15 metros con una longitud de 26 metros, con bastante cobertura vegetal; está constituido por arcillas de coloración blanca a amarillento por la presencia de óxidos de hierro.

Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	44	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Cariamanga			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 660870	**Y**: 9520022	**Z**: 2096	
Formación/Unidad	Unidad Ahuaca			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	X
	Bajo		*Montañoso*	
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-044			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en vía Cariamanga-Las Totoras a unos 2 km de la urbe; tiene una altura de 4 metros con una longitud de 10 metros, presenta bastante cobertura vegetal; está constituido por tobas de composición dacitica meteorizada y alteradas, con oxidación superficial, transformadas en arcilla y caolín de color blanco y rojizo.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	45	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Cariamanga			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 661651	**Y**: 9519375	**Z**: 2251	
Formación/Unidad	Unidad Ahuaca			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-045			
Estado de alteración:	Alto			

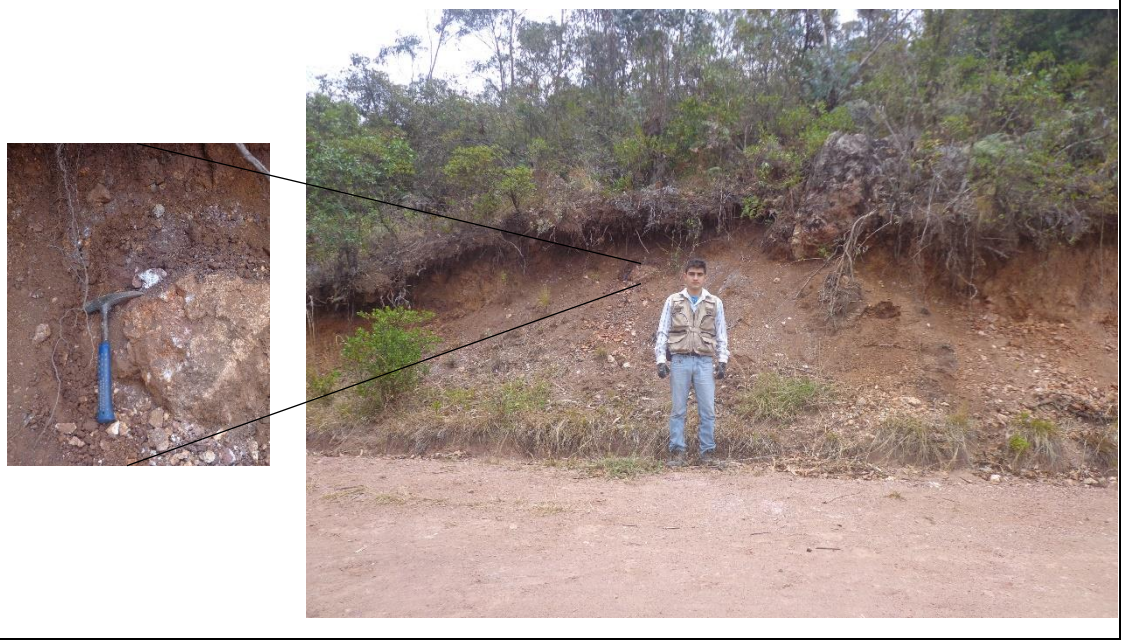
Observaciones: El afloramiento se encuentra en vía Cariamanga-Las Totoras a unos 4 km de la urbe; tiene una altura de 15 metros con una longitud de 10 metros, presenta bastante cobertura vegetal; se puede evidenciar un deslizamiento de tipo rotaciónal producido por las fuertes precipitaciones en temporada invernal, además se pudo evidenciar cárcavas en la parte inferior del mismo, el cual se encuentra tapando un cuerpo masivo de composición andesiditica de coloración purpura. La constitución del material de deslizamiento se trata de la descomposición de una toba dacitica.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	46	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Cariamanga			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 660775	**Y**: 9518262	**Z**: 2340	
Formación/Unidad	Unidad Ahuaca			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-046			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en vía Las Totoras-Cariamanga a unos 6 km de la urbe; tiene una altura de 3 metros con una longitud de 10 metros, presenta bastante cobertura vegetal; se encuentra constituido por tobas de composición dacitica-riolitica de color blanco medianamente alterado, también se evidencia una posible zona de contacto con andesitas de color purpura meteorizadas y alteradas.

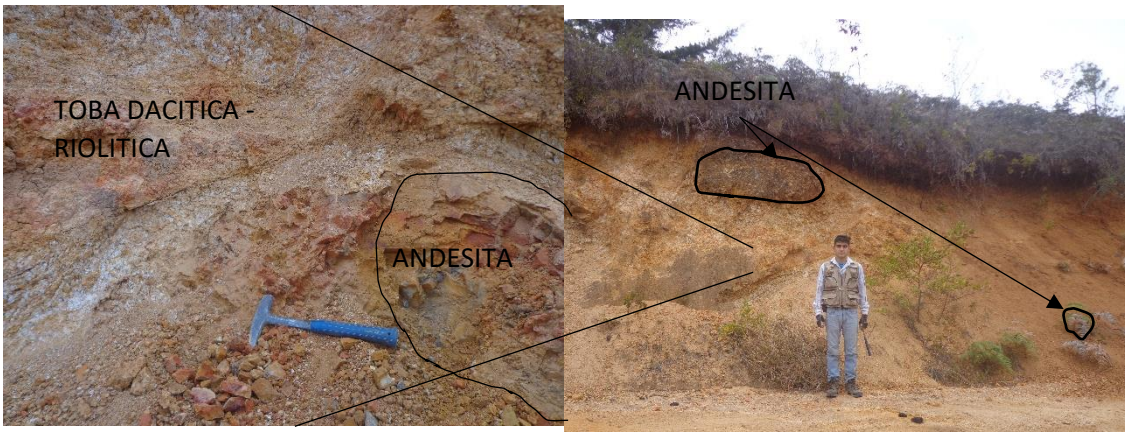
Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	47	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Cariamanga			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 660621	**Y**: 9518478	**Z**: 2327	
Formación/Unidad	Unidad Ahuaca			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	X
	Bajo		*Montañoso*	
Medidas estructurales	Rumbo	N24°E	Buzamiento	18°SE
Muestra	M-047			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en vía Las Totoras-Cariamanga a unos 4 km de la urbe; tiene una altura de 4 metros con una longitud de 12 metros, presenta bastante cobertura vegetal; constituido por una toba de composición dacitica-roilitica aletarada y meteorizada transformada en arcilla y caolín de color blanco y rojizo, con bloques de composición andesitica de color gris y textura porfirítica medianamente alterado; existe la presencia de un ligero plegamiento en dirección NE.

Foto:



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	48	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Cariamanga			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 660597	**Y**: 9518600	**Z**: 2317	
Formación/Unidad	Unidad Ahuaca			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-048			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en vía Las Totoras-Cariamanga a unos 3 km de la urbe; tiene una altura de 5 metros con una longitud de 10 metros, presenta bastante cobertura vegetal; compuesto principalmente por una intrusión de un cuerpo masivo de composición rio-dacitica de textura porfirítica alterado transformado en arcillas y caolín de coloración gris claro a rosado.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	49	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	El Lucero			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 673373	**Y**: 95122161	**Z**: 1200	
Formación/Unidad	Unidad El Ingenio			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo	X	*Montañoso*	
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-049			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en vía Lucero-El Ingenio; tiene una altura de 4 metros con una longitud de 10 metros, presenta bastante cobertura vegetal; constituido por una toba de composición ácida (dacita a riolita) con fragmentos centimétricos bien cementados de roca de composición andesitica, se puede identificar fragmentos diminutos de sílice y vidrio volcánico.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	50	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	El Ingenio			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 674906	**Y**: 9511837	**Z**: 1279	
Formación/Unidad	Unidad El Ingenio?			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	X
	Bajo		*Montañoso*	
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-050			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en vía El Ingenio- Consaguana; presenta escaza cobertura vegetal; constituido principalmente de un cuerpo masivo altamente fisurado y alterado de composición andesitica, color gris oscuro, posee una textura afanítica, se pueden observar minerales como piroxenos y cuarzo.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	51	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Consaguana.			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 676021	**Y**: 9511506	**Z**: 1380	
Formación/Unidad	Unidad El Ingenio			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-051			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en el barrio Consahuana del cantón Espíndola, posee escaza cobertura vegetal; tiene una altura de 15 metros con una longitud de 18 metros; constituido por andesitas fisuradas y alteradas de coloración gris oscuro, se evidencian la presencia de vetillas centimétricas de sílice, posee óxidos de hierro.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	52	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	El Algodonal			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 676945	**Y**: 9506848	**Z**: 1355	
Formación/Unidad	Unidad El Ingenio			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-052			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en el barrio El algodonal, tiene una altura de 2 metros con una longitud de 8 metros; posee bastante cobertura vegetal; constituido por una toba riolítica de coloración blanca a rojiza por la presencia de óxidos de hierro, medianamente alterada, en su composición posee fragmentos centimétricos de composición andesitica, y algunos minerales feldespáticos se encuentran en proceso de caolinización.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	53	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	El Ingenio			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 673997	**Y**: 9510775	**Z**: 1233	
Formación/Unidad	El Ingenio.			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	X
	Bajo		*Montañoso*	
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-053			
Estado de alteración:	Medio			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en vía El Ingenio-La Naranja; tiene una altura de 5 metros con una longitud de 15 metros, presenta escaza cobertura vegetal; compuesto de una brecha de composición riolítica medianamente alterada de coloración crema con fragmentos de roca de composición andesitica, se puede evidenciar la prescencia de minerales como cuarzo, plagioclasas, feldespato potásico entre otros.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	54	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	El Ingenio-La Naranja			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 661651	**Y**: 9519375	**Z**: 2251	
Formación/Unidad	Unidad El Ingenio?			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	X
	Bajo		*Montañoso*	
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-054			
Estado de alteración:	Alto			

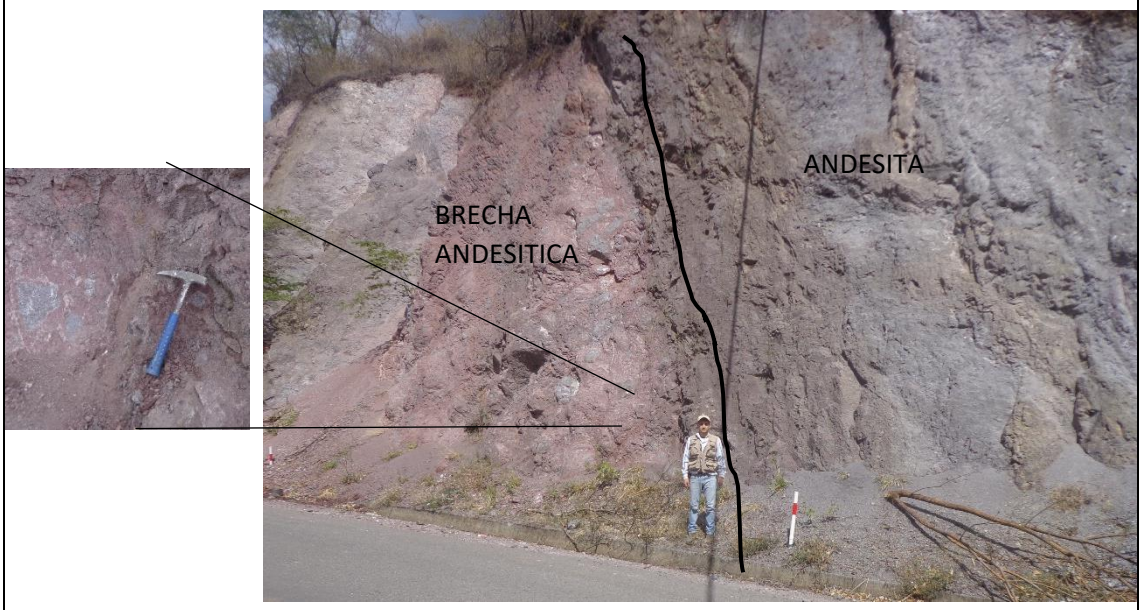
Observaciones: El afloramiento se encuentra en vía El Ingenio-La Naranja; tiene una altura de 6 metros con una longitud de 12 metros, constituidas por flujos laharicos moderadamente consolidado de color café, alterados con clastos subredondeados de composición andesitica con diámetros centimétricos, soportados en una matriz limo arenosa, presenta magnetismo.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	55	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	La Naranja			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 672763	**Y**: 9506521	**Z**: 1204	
Formación/Unidad	Unidad Changaimina			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	S15°W	Buzamiento	58NW
Muestra	M-055			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en vía El Ingenio-La Naranja; tiene una altura de 20 metros con una longitud de 18 metros, presenta bastante cobertura vegetal; constituido dos litologías bien diferenciadas separadas por un contacto tectónico en dirección NW; la primera litología se trata de una brecha de composición andesitica de coloración púrpura con fragmentos métricos subangulares de composición andesítica; seguido de una capa de andesita de coloración gris oscuro con presencia de vetillas centimétricas de calcita.

Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	61	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Collingora			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 677818	**Y**: 9501729	**Z**: 1895	
Formación/Unidad	Unidad Rio Guayucu			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-061			
Estado de alteración:	Alto			

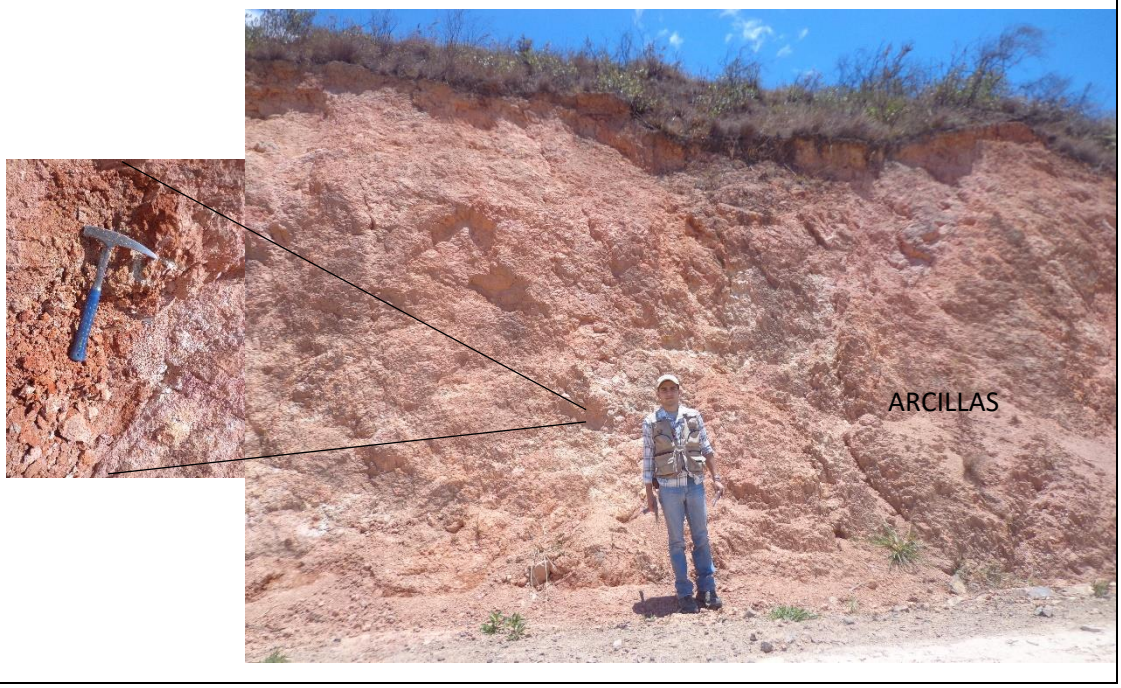
Observaciones: El afloramiento se encuentra el barrio Collingora, cantón Espindola; tiene una altura de 5 metros con una longitud de 12 metros, presenta escasa cobertura vegetal; consiste en una toba de composición riolítica alterada de coloración amarillenta con presencia de óxidos de fe, contiene clastos subangulares de composición andesitica de diámetro medio.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	76	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Bellavista			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 671601	**Y**: 9496646	**Z**: 2151	
Formación/Unidad	Unidad Changaimina			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-076			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en el sector Bellavista; tiene una altura de 6 metros con una longitud de 18 metros, presenta escasa cobertura vegetal; consiste en arcillas de color blanco a rojizo por presencia de óxidos medianamente compacto, posible alteración de una brecha andesitica de la formación changaimina.

Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	82	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Vía Cariamanga-Cuinuma			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 658386	**Y**: 9522236	**Z**: 1691	
Formación/Unidad	Unidad El Fundo			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-082			
Estado de alteración:	Alto			

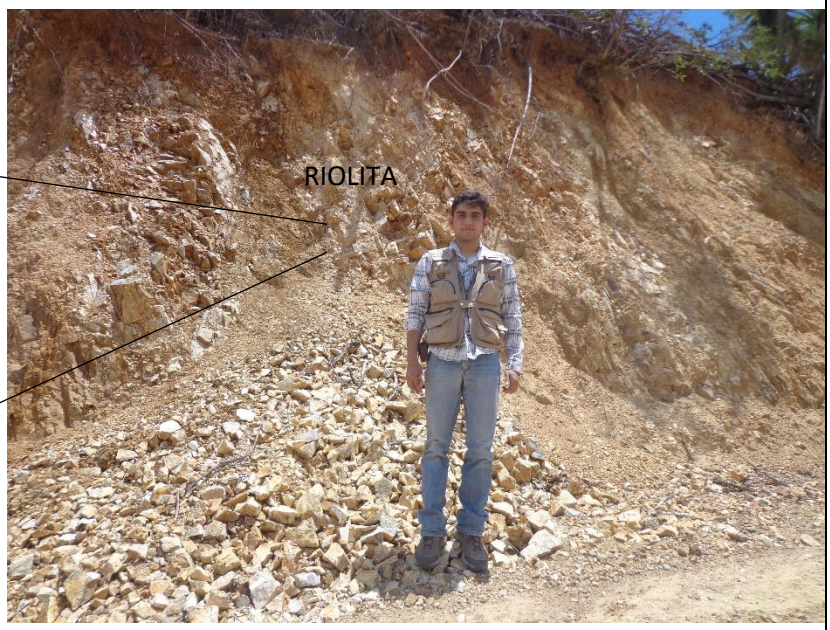
Observaciones: El afloramiento se encuentra en la vía Cariamanga- Cuinuma; tiene una altura de 5 metros con una longitud de 12 metros, presenta bastante cobertura vegetal; constituido por arcillas de color gris a morado se encuentra altamente meteorizado; además se evidenciaron bloques decimétricos de composición acida dacita-riolita de coloración blanco a amarillento, algunos de estos bloques presentan vetillas de sílice y otros sílice oqueroso "vuggy silica", cabe recalcar que estos bloques están dispuestos de manera esporádica a lo largo de este tramo de vía y corresponden a la Unidad Ahuaca.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	86	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	El Atillo			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 654022	**Y**: 9526875	**Z**: 1584	
Formación/Unidad	Granodiorita de Tangula			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	S48°W	Buzamiento	58°NW
Muestra	M-086			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en el sector el Atillo; tiene una altura de 4 metros con una longitud de 7 metros, presenta escasa cobertura vegetal; constituido por un posible dique de composición riolítica-dacítica de coloración blanca a gris claro, presenta coloración rojizo por presencia de óxidos de Feen superficie; se pudo identificar en la roca ramificaciones de color negro que posiblemente sean óxidos de manganeso.

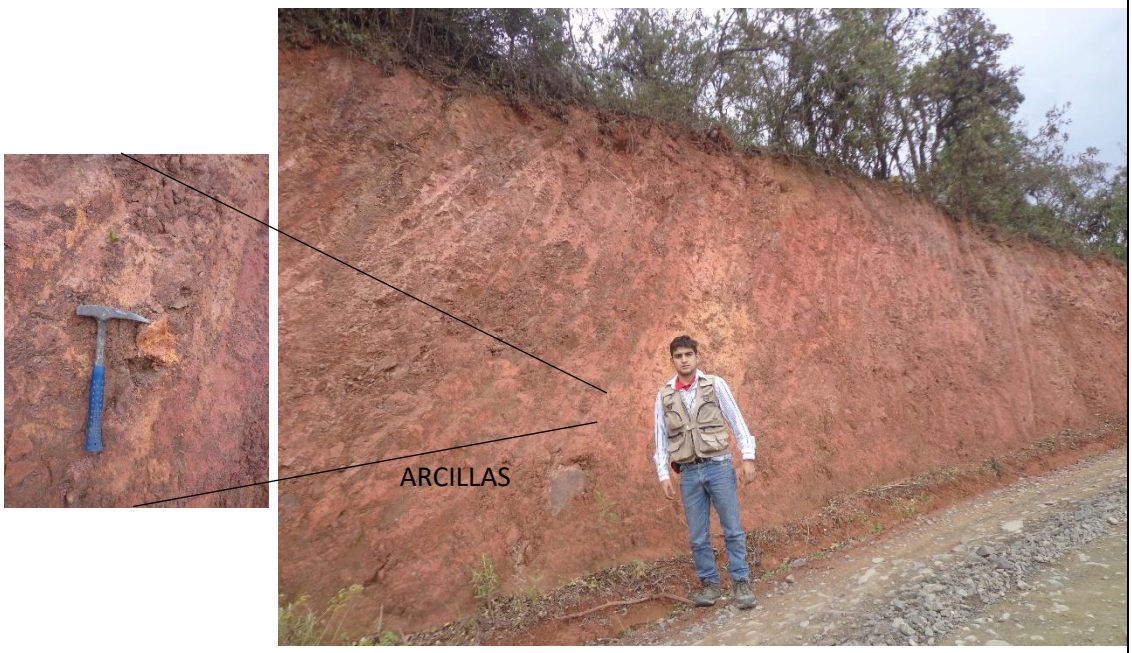
Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	89	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Colaisaca			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 644395	**Y**: 9522402	**Z**: 2431	
Formación/Unidad	Unidad Punta de Piedra			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-089			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en la parroquia Colaisaca; tiene una altura de 4 metros con una longitud de 10 metros, presenta bastante cobertura vegetal; constituido por arcillas de coloración amarillento a rojizo por presencia de óxidos de fe, las arcillas poseen alta plasticidad, se observan además fragmentos de algunos decímetros de diámetro alterados a arcillas bien compactos.

Foto



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	109	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Tierras Coloradas			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 660702	**Y**: 9525210	**Z**: 1834	
Formación/Unidad	Unidad El Fundo			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-109			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en el sector de Tierras Coloradas, perteneciente al cantón Calvas; tiene 3 metros de altura con una longitud de 12 metros, presenta escasa cobertura vegetal; consiste en una arcilla-caolinizada de color amarillento a rojizo por la presencia de oxidos de hierro, se encuentra altamente meteorizada, posible alteración de riolitas y dacitas de la formación Ahuaca.

Foto

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	126	**Datum**	WGS-84	
Ubicación:	Vía El Guabo-Gonzanamá			
Responsable:	Julio Cesar Torres Pardo			
Coordenadas UTM	**X**: 680491	**Y**: 9533143	**Z**: 2523	
Formación/Unidad	Pórfido Rio-Dacítico			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	*Natural*		*Artificial*	X
Relieve:	*Llano*		*De colinas*	
	Bajo		*Montañoso*	X
Medidas estructurales	Rumbo	N/A	Buzamiento	N/A
Muestra	M-126			
Estado de alteración:	Alto			

Observaciones: El afloramiento se encuentra en la vía El Guabo-Gonzanamá; tiene una altura de 3 metros con una longitud de 6 metros, presenta basta cobertura vegetal; consiste en una arcilla altamente plástica de color amarillento a rojizo por presencia de óxidos de hierro, se trata de posible descomposición del pórfido Rio-Dacítico.

Foto

Anexo 5.

RESULTADO DE MUESTRAS DE MANO.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
	Ficha de descripción macroscópica de rocas		
No. de muestra	M-049	**Datum:**	WGS-84
Coordenadas UTM			
X= 673373	**Y=** 9512161	**Z=** 1200	
Grupo genético	Ígnea(Volcánica)	**Fotografía**	
Color de la roca	Verde a crema		
Textura	Piroclástico		
Estructura	Masiva		
Tamaño de los componente medios	Medio		
Composición mineralógica (%)	Ceniza volcánica (50), fragmentos de roca (20%), Vidrio volcánico (20%), Qz (10%)		
Minerales secundarios (%)	Óxidos de hierro		
Estado de alteración	Bajo		
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)	N/A		
Nombre de la roca	Toba Dacítica		
Observaciones			
Colector	Julio Cesar Torres Pardo		

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
	Ficha de descripción macroscópica de rocas		
No. de muestra	M-050	**Datum:**	WGS-84
Coordenadas UTM			
X= 674906	**Y**= 9511837	**Z**= 1279	
Grupo genético	Volcánica	Fotografía	
Color de la roca	Gris Oscuro		
Textura	Afanítica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de los componente medios	Fino		
Composición mineralógica (%)	Piroxenos, Cuarzo.		
Minerales secundarios (%)	Vetillas de Qz.		
Estado de alteración	Medio		
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)	N/A		
Nombre de la roca	Andesita		
Observaciones			
Colector	Julio Cesar Torres Pardo		

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
	Ficha de descripción macroscópica de rocas		
No. de muestra	M-051	**Datum:**	WGS-84
Coordenadas UTM			
X= 676021	**Y**= 9511506	**Z**= 1380	
Grupo genético	Filoniana	**Fotografía**	
Color de la roca	Gris oscuro		
Textura	Afanítica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de los componente medios	Fino		
Composición mineralógica (%)	Piroxenos, Cuarzo, Anfiboles.		
Minerales secundarios (%)	Óxidos de Hierro		
Estado de alteración	Alto		
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)	N/A		
Nombre de la roca	Andesita		
Observaciones			
Colector	Julio Cesar Torres Pardo.		

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
	Ficha de descripción macroscópica de rocas		
No. de muestra	M-052	**Datum:**	WGS-84
Coordenadas UTM			
X= 676945	**Y**= 9506848	**Z**= 1355	
Grupo genético	Volcánica	**Fotografía**	
Color de la roca	Blanco		
Textura	Afanitica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de los componente medios	Fino		
Composición mineralógica (%)	Cuarzo, feldespatos en proceso de caolinización.		
Minerales secundarios (%)	Óxidos de fe		
Estado de alteración	Medio		
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)	N/A		
Nombre de la roca	Toba Riolítica		
Observaciones			
Colector	Julio Cesar Torres Pardo.		

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
	Ficha de descripción macroscópica de rocas		
No. de muestra	M-053	**Datum:**	WGS-84
Coordenadas UTM			
X=673997	**Y**=9510775	**Z**=1233	
Grupo genético	Volcánica	**Fotografía**	
Color de la roca	Crema		
Textura	Media		
Estructura	Brechosa		
Tamaño de los componente medios	Medio.		
Composición mineralógica (%)	Cuarzo, anfíbol, feldespatos, plagioclasas, fragmentos de roca.		
Minerales secundarios (%)	Oxido de fe		
Estado de alteración	Medio		
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)	N/A		
Nombre de la roca	Brecha Riolítica		
Observaciones			
Colector	Julio Cesar Torres Pardo.		

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
	Ficha de descripción macroscópica de rocas		
No. de muestra	M-054	**Datum:**	WGS-84
Coordenadas UTM			
X= 673055	**Y**= 9508350	**Z**= 1200	
Grupo genético	Volcánico	**Fotografía**	
Color de la roca	Café		
Textura			
Estructura			
Tamaño de los componente medios	Grueso		
Composición mineralógica (%)	Fragmentos de andesitas, limos, arenas.		
Minerales secundarios (%)	Óxidos de fe		
Estado de alteración			
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)	N/A		
Nombre de la roca	Flujo laharico		
Observaciones			
Colector	Julio Cesar Torres Pardo		

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
	Ficha de descripción macroscópica de rocas		
No. de muestra	M-055a	**Datum:**	WGS-84
Coordenadas UTM			
X= 672763	**Y**= 9506521	**Z**= 1204	
Grupo genético	Volcánico	**Fotografía**	
Color de la roca	Púrpura		
Textura			
Estructura	Brecha		
Tamaño de los componente medios	Grueso		
Composición mineralógica (%)	Calcita, plagioclasas, fragmentos de roca(andesita)		
Minerales secundarios (%)			
Estado de alteración	Alto		
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)	N/A		
Nombre de la roca	Brecha andesitica		
Observaciones			
Colector	Julio Cesar Torres Pardo		

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
	Ficha de descripción macroscópica de rocas		
No. de muestra	M-055b	**Datum:**	WGS-84
Coordenadas UTM			
X= 672763	**Y**= 9506521	**Z**= 1204	
Grupo genético	Volcánico	**Fotografía**	
Color de la roca	Gris oscuro		
Textura	Afanítica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de los componente medios	Fino		
Composición mineralógica (%)	Calcita, plagioclasas.		
Minerales secundarios (%)			
Estado de alteración	Medio		
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)	N/A		
Nombre de la roca	Andesita		
Observaciones			
Colector	Julio Cesar Torres Pardo		

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
	Ficha de descripción macroscópica de rocas		
No. de muestra	M-061	**Datum:**	WGS-84
Coordenadas UTM			
X= 677818	**Y**= 9501729	**Z**= 1895	
Grupo genético	Volcánica	**Fotografía**	
Color de la roca	Amarillo		
Textura	porfirítica		
Estructura	Masiva		
Tamaño de los componente medios	Medio		
Composición mineralógica (%)	Cuarzo, plagioclasas, feldespatos.		
Minerales secundarios (%)	Óxidos de fe		
Estado de alteración	Alto		
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)	N/A		
Nombre de la roca	Toba riolítica		
Observaciones			
Colector	Julio Cesar Torres Pardo		

Anexo 6.

RESULTADO DE LOS ENSAYOS FÍSICOS Y MECÁNICOS.

ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ.
INGENIERO CIVIL

DISEÑOS ESTRUCTURALES.
ESTUDIOS DE SUELOS.
CONSTRUCCIÓN.
FISCALIZACIÓN.
CONSULTORÍAS.
PRESUPUESTOS.
TOPOGRAFÍA.

PROYECTO :				**NORMA:**	ASTM D 4318, AASHTO T-27
	X	Y	Z	**AFLORAM.**	29
COORDENA:	665,304.00	9,520,539.00	1,400.00	**MUESTREO:**	Compuesto
LOCALIZAC:	Macaicanza			**PROFUNDIDAD:**	
CODIGO	CL-R-3			**FECHA**	08/06/2019

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		65.92	54.44	17.64	31.20	
		67.56	55.63	17.46	31.25	31.23
2.- LÍM. LÍQUIDO	20	34.61	29.60	17.68	42.03	
	25	35.08	29.98	17.65	41.36	
	30	37.22	31.60	17.70	40.43	
	35	35.85	30.62	17.54	39.98	41.23
3.- LÍMITE PLÁSTICO		10.57	10.28	8.67	18.01	
		11.36	10.97	8.90	18.84	18.43

4.- GRANULOMETRÍA

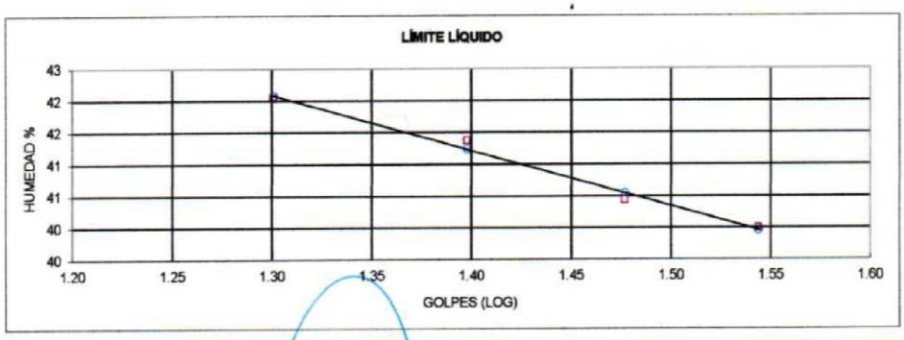
PESO IN= 200.00 (H/S) S
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 200.00

TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0.00	0	100
3/4"	0.00	0	100
1/2"	0.00	0	100
3/8"	0.00	0	100
No. 4	0.00	0	100
No. 10	2.60	1.30	98.70
No. 40	24.40	12.20	87.80
No. 200	63.50	31.75	68.25

5.- CLASIFICACIÓN

GRAVA	0
ARENA	32
FINOS	68
LL =	41.00
LP =	18.00
IP =	23.00

CLASIFICACIÓN
SUCS : CL
AASHTO: A-7-6
IG(86): 14
IG(45): 12



CLASIFICACIÓN AASHTO: Arcilla de baja plasticidad (A-7-6)

Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz.
LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR
CEL: 0991212789 **DIR.:** Zamora - Ecuador.

ISRAEL VILLAVICENCIO ALDAZ
INGENIERO CIVIL
R.U.C.: 190035228500 1
CEL.: 0991 212 789

ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ.
INGENIERO CIVIL

DISEÑOS ESTRUCTURALES.
ESTUDIOS DE SUELOS.
CONSTRUCCIÓN.
FISCALIZACIÓN.
CONSULTORÍAS.
PRESUPUESTOS.
TOPOGRAFÍA.

PROYECTO :				**NORMA:**	ASTM D 4318, AASHTO T-27
	X	Y	Z	**AFLORAM.**	31
COORDENA:	675,495.00	9,527,501.00	1,400.00	**MUESTREO:**	Compuesto
LOCALIZAC:	Quilanga			**PROFUNDIDAD:**	
CODIGO	QL-R-7			**FECHA**	08/06/2019

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		58.89	50.10	17.64	27.08	
		61.13	51.80	17.56	27.25	27.16
2.- LÍM. LÍQUIDO	20	36.26	30.30	17.82	47.76	
	25	36.72	30.65	17.79	47.20	
	30	33.90	28.63	17.24	46.27	
	35	33.92	28.68	17.07	45.13	46.93
3.- LÍMITE PLÁSTICO		11.11	10.74	9.16	23.42	
		11.31	10.84	8.83	23.38	23.40

4.- GRANULOMETRÍA

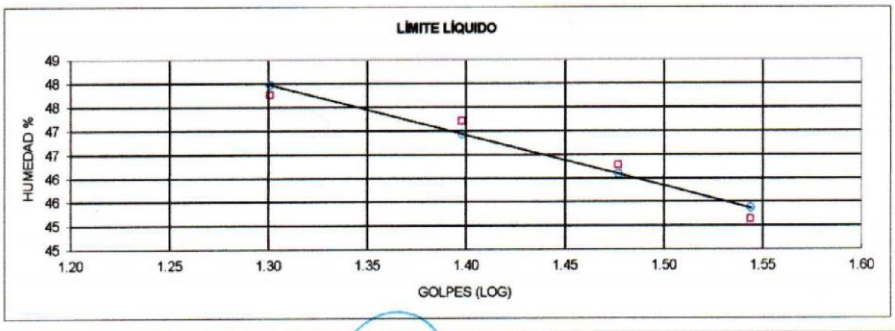
PESO IN= 200.00 (H/S) S
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 200.00

TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0.00	0	100
3/4"	0.00	0	100
1/2"	0.00	0	100
3/8"	0.00	0	100
No. 4	0.00	0	100
No. 10	0.20	0.10	99.90
No. 40	4.00	2.00	98.00
No. 200	12.40	6.20	93.80

5.- CLASIFICACIÓN

GRAVA	0
ARENA	6
FINOS	94
LL =	47.00
LP =	23.00
IP =	24.00

CLASIFICACIÓN
SUCS : CL
AASHTO: A-7-6
IG(86): 25
IG(45): 15



CLASIFICACIÓN AASHTO: Arcilla de baja plasticidad (A-7-6)

Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz.
LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR
CEL: 0991212789 **DIR.:** Zamora - Ecuador.

ISRAEL VILLAVICENCIO ALDAZ
INGENIERO CIVIL
R.U.C.: 1900352285001
CEL.: 0991 212 789

ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ.
INGENIERO CIVIL

DISEÑOS ESTRUCTURALES.
ESTUDIOS DE SUELOS.
CONSTRUCCIÓN.
FISCALIZACIÓN.
CONSULTORÍAS.
PRESUPUESTOS.
TOPOGRAFÍA.

PROYECTO :				**NORMA:**	ASTM D 4318, AASHTO T-27
	X	Y	Z	**AFLORAM.**	24
COORDENA:	651,954.00	9,521,416.00	1,400.00	**MUESTREO:**	Compuesto
LOCALIZAC:	Suanamaca			**PROFUNDIDAD:**	
CODIGO	CL-R-12			**FECHA**	22/06/2019

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		66.04	57.16	17.72	22.52	
		65.08	56.00	17.44	23.55	23.03
2.- LÍM. LÍQUIDO	19	39.12	32.99	17.35	39.19	
	24	35.89	30.68	17.21	38.68	
	28	38.49	32.70	17.44	37.94	
	33	39.44	33.68	17.99	36.71	38.22
3.- LÍMITE PLÁSTICO		11.42	11.07	8.83	15.63	
		10.97	10.63	8.30	14.59	15.11

4.- GRANULOMETRÍA

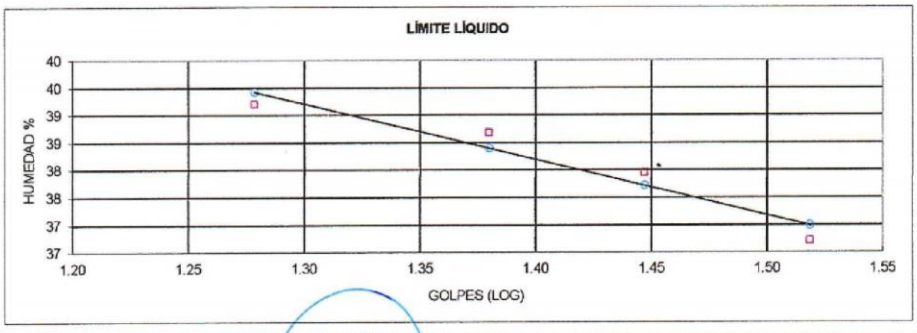
PESO IN= 200.00 (H/S) S
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 200.00

TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0.00	0	100
3/4"	0.00	0	100
1/2"	0.00	0	100
3/8"	0.00	0	100
No. 4	0.00	0	100
No. 10	0.80	0.40	99.60
No. 40	3.80	1.90	98.10
No. 200	15.80	7.90	92.10

5.- CLASIFICACIÓN

GRAVA	0
ARENA	8
FINOS	92
LL =	38.00
LP =	15.00
IP =	23.00

CLASIFICACIÓN
SUCS : CL
AASHTO: A-6
IG(86): 21
IG(45): 13



CLASIFICACIÓN AASHTO: Arcilla de baja plasticidad (A-6)

Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz.
LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR
CEL: 0991212789 **DIR.:** Zamora - Ecuador.

ISRAEL VILLAVICENCIO ALDAZ
INGENIERO CIVIL
R.U.C.: 1900352285001
CEL.: 0991 212 789

ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ.
INGENIERO CIVIL

DISEÑOS ESTRUCTURALES.
ESTUDIOS DE SUELOS.
CONSTRUCCIÓN.
FISCALIZACIÓN.
CONSULTORÍAS.
PRESUPUESTOS.
TOPOGRAFÍA.

PROYECTO :				**NORMA:**	ASTM D 4318, AASHTO T-27
	X	Y	Z	**AFLORAM.**	30
COORDENA:	658,246.00	9,519,119.00	1,400.00	**MUESTREO:**	Compuesto
LOCALIZAC:	Yambaca			**PROFUNDIDAD:**	
CODIGO	CL-R-20			**FECHA**	29/06/2019

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		78.93	73.52	17.52	9.66	
		80.82	75.23	17.29	9.65	9.65
2.- LÍM. LÍQUIDO	21	32.24	28.31	17.68	36.97	
	27	35.24	30.60	17.57	35.61	
	30	34.60	30.10	17.06	34.51	
	34	36.32	31.50	17.40	34.18	35.91
3.- LÍMITE PLÁSTICO		11.68	11.30	8.99	16.45	
		11.47	11.05	8.54	16.73	16.59

4.- GRANULOMETRÍA

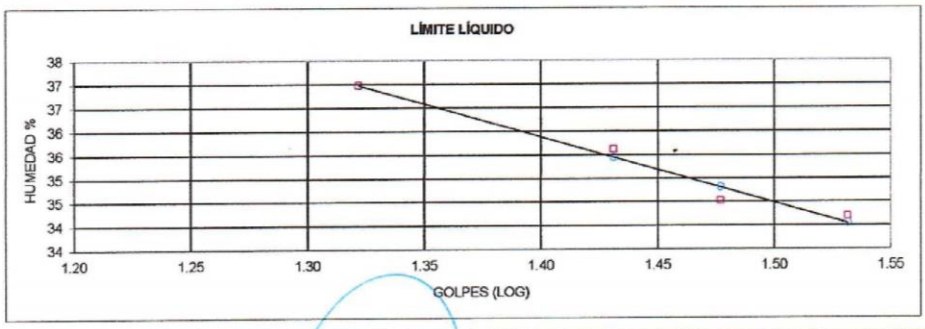
PESO IN= 200.00 (H/S) S
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 200.00

TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0.00	0	100
3/4"	0.00	0	100
1/2"	0.00	0	100
3/8"	0.00	0	100
No. 4	0.20	0	100
No. 10	5.00	2.50	97.50
No. 40	70.70	35.35	64.65
No. 200	130.90	65.45	34.55

5.- CLASIFICACIÓN

GRAVA	0
ARENA	65
FINOS	35
LL =	36.00
LP =	17.00
IP =	19.00

CLASIFICACIÓN
SUCS : SC
AASHTO: A-2-6
IG(86): 2
IG(45): 2



CLASIFICACIÓN AASHTO: Arena arcillosa de baja plasticidad (A-2-6)

Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz.
LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR
CEL: 0991212789 **DIR.:** Zamora - Ecuador.

ISRAEL VILLAVICENCIO ALDAZ
INGENIERO CIVIL
R.U.C.: 1900352285001
CEL.: 0991 212 789

ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ.
INGENIERO CIVIL

DISEÑOS ESTRUCTURALES.
ESTUDIOS DE SUELOS.
CONSTRUCCIÓN.
FISCALIZACIÓN.
CONSULTORÍAS.
PRESUPUESTOS.
TOPOGRAFÍA.

PROYECTO :				**NORMA:**	ASTM D 4318, AASHTO T-27
	X	Y	Z	**AFLORAM.**	22
COORDENA:	657,896.00	9,516,589.00	1,400.00	**MUESTREO:**	Compuesto
LOCALIZAC:	Yamabaca			**PROFUNDIDAD:**	
CODIGO	CL-R-23			**FECHA**	29/06/2019

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		98.81 92.46	98.77 92.30	17.74 17.69	0.05 0.21	0.13
2.- LÍM. LÍQUIDO						
3.- LÍMITE PLÁSTICO						

4.- GRANULOMETRÍA

PESO IN= 200.00 (H/S) S
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 200.00

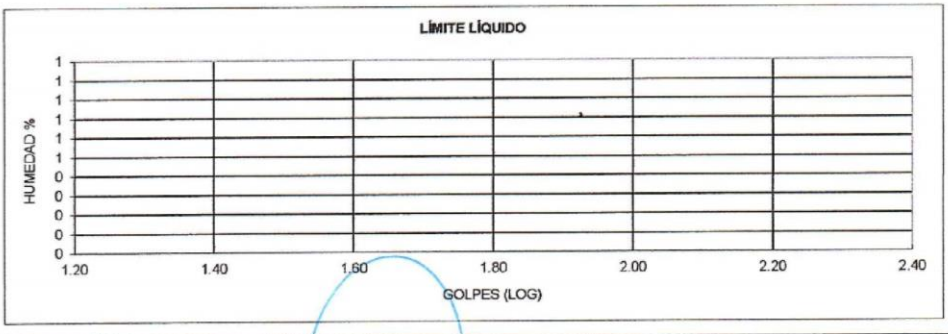
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0.00	0	100
3/4"	0.00	0	100
1/2"	0.00	0	100
3/8"	0.00	0	100
No. 4	0.10	0	100
No. 10	5.60	2.80	97.20
No. 40	19.70	9.85	90.15
No. 200	170.70	85.35	14.65

5.- CLASIFICACIÓN

GRAVA	0
ARENA	85
FINOS	15
LL =	0.00
LP =	0.00
IP =	0.00

CLASIFICACIÓN

SUCS :	SM
AASHTO:	A-2-4
IG(86):	0
IG(45):	0



CLASIFICACIÓN AASHTO: Arena limosa (A-2-4)

Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz.
LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR
CEL: 0991212789 **DIR.:** Zamora - Ecuador.

ISRAEL VILLAVICENCIO ALDAZ
INGENIERO CIVIL
R.U.C.: 1900350

ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ.
INGENIERO CIVIL

DISEÑOS ESTRUCTURALES.
ESTUDIOS DE SUELOS.
CONSTRUCCIÓN.
FISCALIZACIÓN.
CONSULTORÍAS.
PRESUPUESTOS.
TOPOGRAFÍA.

PROYECTO :				**NORMA:**	ASTM D 4318, AASHTO T-27
	X	Y	Z	**AFLORAM.**	7
COORDENA:	673,164.00	9,535,359.00	1,129.00	**MUESTREO:**	Compuesto
LOCALIZAC:	Sacapalca			**PROFUNDIDAD:**	
CODIGO	GN-R-36			**FECHA**	19/07/2019

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		60.55	56.53	17.66	10.34	
		58.96	55.39	17.68	9.47	9.90
2.- LÍM. LÍQUIDO	18	32.23	26.88	17.33	56.02	
	26	33.55	27.84	17.38	54.59	
	31	36.77	30.02	17.39	53.44	
	36	35.57	29.43	17.68	52.26	54.46
3.- LÍMITE PLÁSTICO		11.16	10.62	8.62	27.00	
		11.69	11.11	8.99	27.36	27.18

4.- GRANULOMETRÍA

PESO IN= 200.00 (H/S) S
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 200.00

TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0.00	0	100
3/4"	0.00	0	100
1/2"	0.00	0	100
3/8"	0.00	0	100
No. 4	10.70	5	95
No. 10	29.00	14.50	85.50
No. 40	41.20	20.60	79.40
No. 200	59.90	29.95	70.05

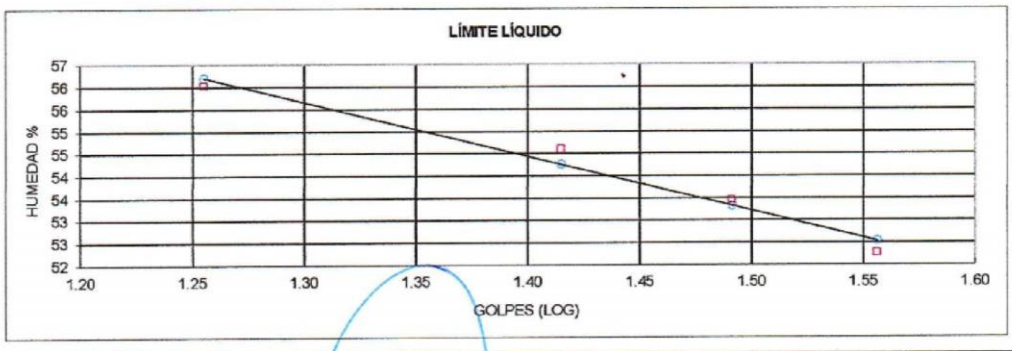
5.- CLASIFICACIÓN

GRAVA	5
ARENA	25
FINOS	70

LL =	54.00
LP =	27.00
IP =	27.00

CLASIFICACIÓN

SUCS :	CH
AASHTO:	A-7-6
IG(86):	19
IG(45):	16



CLASIFICACIÓN AASHTO: Arcilla de alta plasticidad (A-7-6)

ISRAEL VILLAVICENCIO ALDAZ
INGENIERO CIVIL
R.U.C.: 1900352285001
CEL.: 0991 212 789

Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz.
LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR
CEL: 0991212789 **DIR.:** Zamora - Ecuador.

ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ.
INGENIERO CIVIL

DISEÑOS ESTRUCTURALES.
ESTUDIOS DE SUELOS.
CONSTRUCCIÓN.
FISCALIZACIÓN.
CONSULTORÍAS.
PRESUPUESTOS.
TOPOGRAFÍA.

PROYECTO :				**NORMA:**	ASTM D 4318, AASHTO T-27
	X	Y	Z	**AFLORAM.**	26
COORDENA:	665,792.00	9,537,334.00	1,400.00	**MUESTREO:**	Compuesto
LOCALIZAC:	Sacapalca			**PROFUNDIDAD:**	
CODIGO	GN-R-40			**FECHA**	19/07/2019

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		84.98	79.15	16.94	9.37	
		83.47	78.36	17.67	8.42	8.90
2.- LÍM. LÍQUIDO	18	39.77	33.90	17.87	36.62	
	22	45.53	38.12	17.48	35.90	
	28	43.46	36.82	17.82	34.95	
	35	41.29	35.35	17.72	33.69	35.28
3.- LÍMITE PLÁSTICO		11.49	11.33	8.83	6.40	
		11.98	11.01	8.50	38.65	22.52

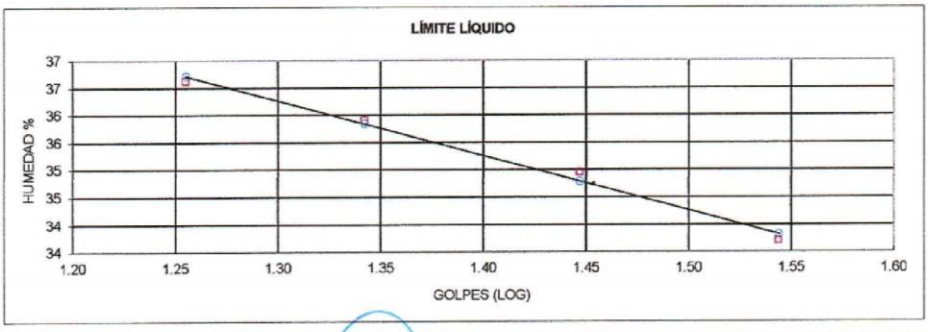
4.- GRANULOMETRÍA

PESO IN= 200.00 (H/S) S
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 200.00

TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0.00	0	100
3/4"	0.00	0	100
1/2"	0.00	0	100
3/8"	0.00	0	100
No. 4	1.40	1	99
No. 10	17.10	8.55	91.45
No. 40	57.00	28.50	71.50
No. 200	115.50	57.75	42.25

5.- CLASIFICACIÓN

GRAVA	1
ARENA	57
FINOS	42
LL =	35.00
LP =	23.00
IP =	12.00
CLASIFICACIÓN	
SUCS :	SC
AASHTO:	A-6
IG(86):	2
IG(45):	2



CLASIFICACIÓN AASHTO: Arena arcillosa de baja plasticidad (A-6)

Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz.
LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR
CEL: 0991212789 **DIR.:** Zamora - Ecuador.

ISRAEL VILLAVICENCIO ALDAZ
INGENIERO CIVIL
R.U.C.: 1900352285001
CEL.: 0991 212 789

ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ.
INGENIERO CIVIL

DISEÑOS ESTRUCTURALES.
ESTUDIOS DE SUELOS.
CONSTRUCCIÓN.
FISCALIZACIÓN.
CONSULTORÍAS.
PRESUPUESTOS.
TOPOGRAFÍA.

PROYECTO :				**NORMA:**	ASTM D 4318, AASHTO T-27
	X	Y	Z	**AFLORAM.**	33
COORDENA:	662,105.00	9,585,911.00	1,400.00	**MUESTREO:**	Compuesto
LOCALIZAC:	Changaimina			**PROFUNDIDAD:**	
CODIGO	GR-R-42			**FECHA**	19/07/2019

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		54.14	49.42	17.46	14.77	
		56.07	51.12	17.44	14.70	14.73
2.- LÍM. LÍQUIDO	19	36.48	30.41	17.63	47.50	
	24	37.40	31.21	17.87	46.40	
	30	37.55	31.25	17.48	45.75	
	35	36.87	31.03	17.82	44.21	46.22
3.- LÍMITE PLÁSTICO		10.64	10.30	8.79	22.52	
		11.17	10.78	9.09	23.08	22.80

4.- GRANULOMETRÍA

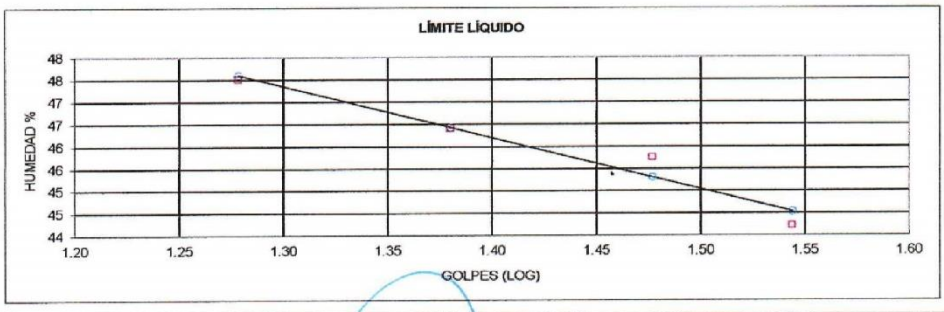
PESO IN= 200.00 (H/S) S
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 200.00

TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0.00	0	100
3/4"	0.00	0	100
1/2"	0.00	0	100
3/8"	0.00	0	100
No. 4	0.00	0	100
No. 10	0.60	0.30	99.70
No. 40	9.20	4.60	95.40
No. 200	28.70	14.35	85.65

5.- CLASIFICACIÓN

GRAVA	0
ARENA	14
FINOS	86
LL =	46.00
LP =	23.00
IP =	23.00

CLASIFICACIÓN
SUCS : CL
AASHTO: A-7-6
IG(86): 21
IG(45): 14



CLASIFICACIÓN AASHTO: Arcilla de baja plasticidad (A-7-6)

Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz.
LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR
CEL: 0991212789 **DIR.:** Zamora - Ecuador.

ISRAEL VILLAVICENCIO ALDAZ
INGENIERO CIVIL
R.U.C.: 1900352285001
CEL.: 0991 212 789

ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ.
INGENIERO CIVIL

DISEÑOS ESTRUCTURALES.
ESTUDIOS DE SUELOS.
CONSTRUCCIÓN.
FISCALIZACIÓN.
CONSULTORÍAS.
PRESUPUESTOS.
TOPOGRAFÍA.

PROYECTO :				**NORMA:**	ASTM D 4318, AASHTO T-27
	X	Y	Z	**AFLORAM.**	23
COORDENA:	663,974.00	9,533,022.00	1,400.00	**MUESTREO:**	Compuesto
LOCALIZAC:	Changaimina			**PROFUNDIDAD:**	
CODIGO	GN-R-43			**FECHA**	09/07/2019

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		68.37	64.10	17.63	9.19	
		68.28	64.22	17.26	8.65	8.92
2.- LÍM. LÍQUIDO	15	36.85	31.02	17.57	43.35	
	22	39.86	33.39	17.40	40.46	
	28	39.35	33.18	17.61	39.63	
	35	37.94	32.24	17.34	38.26	40.15
3.- LÍMITE PLÁSTICO		11.15	10.71	8.44	19.38	
		12.18	11.68	9.13	19.61	19.50

4.- GRANULOMETRÍA

PESO IN= 200.00 (H/S) S
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 200.00

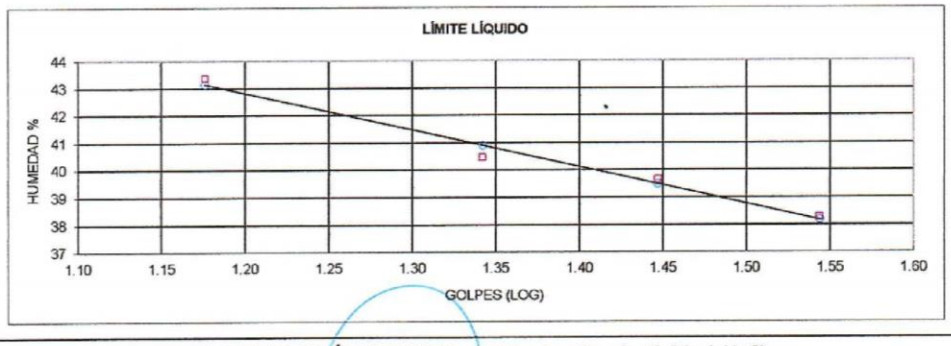
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0.00	0	100
3/4"	0.00	0	100
1/2"	0.00	0	100
3/8"	0.00	0	100
No. 4	0.00	0	100
No. 10	0.30	0.15	99.85
No. 40	3.50	1.75	98.25
No. 200	51.90	25.95	74.05

5.- CLASIFICACIÓN

GRAVA	0
ARENA	26
FINOS	74
LL =	40.00
LP =	19.00
IP =	21.00

CLASIFICACIÓN

SUCS :	CL
AASHTO:	A-6
IG(86):	14
IG(45):	12



CLASIFICACIÓN AASHTO: Arcilla de alta plasticidad (A-6)

Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz.
LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR
CEL: 0991212789 **DIR.:** Zamora - Ecuador.

ISRAEL VILLAVICENCIO ALDAZ
INGENIERO CIVIL
R.U.C.: 1900352285[illegible]
CEL.: 0991 212 [illegible]

ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ.
INGENIERO CIVIL

DISEÑOS ESTRUCTURALES.
ESTUDIOS DE SUELOS.
CONSTRUCCIÓN.
FISCALIZACIÓN.
CONSULTORÍAS.
PRESUPUESTOS.
TOPOGRAFÍA.

PROYECTO :				**NORMA:**	ASTM D 4318, AASHTO T-27
	X	Y	Z	**AFLORAM.**	25
COORDENA:	660,597.00	9,518,600.00	1,400.00	**MUESTREO:**	Compuesto
LOCALIZAC:	Totoras			**PROFUNDIDAD:**	
CODIGO	CL-R-48			**FECHA**	03/10/2019

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		64.98	52.35	17.48	36.22	
		59.80	48.68	17.44	35.60	35.91
2.- LÍM. LÍQUIDO	18	35.57	29.17	17.62	55.41	
	24	36.34	29.93	17.58	51.90	
	30	37.83	31.12	17.46	49.12	
	35	35.92	29.98	17.49	47.56	51.44
3.- LÍMITE PLÁSTICO		11.39	11.04	9.22	19.23	
		10.97	10.58	8.56	19.31	19.27

4.- GRANULOMETRÍA

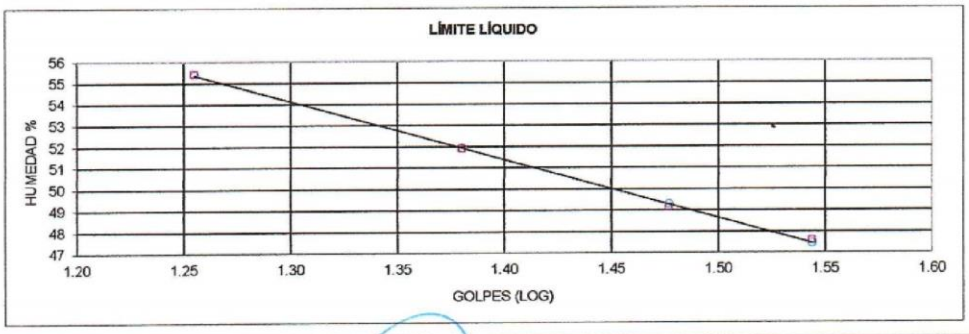
PESO IN= 200.00 (H/S) S
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 200.00

TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0.00	0	100
3/4"	0.00	0	100
1/2"	0.00	0	100
3/8"	0.00	0	100
No. 4	0.00	0	100
No. 10	0.00	0.00	100.00
No. 40	13.10	6.55	93.45
No. 200	47.90	23.95	76.05

5.- CLASIFICACIÓN

GRAVA	0
ARENA	24
FINOS	76
LL =	51.00
LP =	19.00
IP =	32.00

CLASIFICACIÓN
SUCS : CH
AASHTO: A-7-6
IG(86): 24
IG(45): 18



CLASIFICACIÓN AASHTO: Arcilla de alta plasticidad (A-7-6)

Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz.
LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR
CEL: 0991212789 **DIR.:** Zamora - Ecuador.

ISRAEL VILLAVICENCIO ALDAZ
INGENIERO CIVIL
R.U.C.: 1900352285001
CEL.: 0991 212 789

ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ.
INGENIERO CIVIL

DISEÑOS ESTRUCTURALES.
ESTUDIOS DE SUELOS.
CONSTRUCCIÓN.
FISCALIZACIÓN.
CONSULTORÍAS.
PRESUPUESTOS.
TOPOGRAFÍA.

PROYECTO :				**NORMA:**	ASTM D 4318, AASHTO T-27
	X	Y	Z	**AFLORAM.**	32
COORDENA:	671,601.00	9,496,646.00	1,400.00	**MUESTREO:**	Compuesto
LOCALIZAC:	Jibiruche			**PROFUNDIDAD:**	
CODIGO	ES-R-76			**FECHA**	

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		77.20	69.60	17.55	14.60	
		76.59	69.07	17.65	14.62	14.61
2.- LÍM. LÍQUIDO	19	31.65	27.55	17.58	41.12	
	25	37.50	31.97	17.88	39.25	
	29	35.86	30.83	17.47	37.65	
	35	36.18	31.20	17.38	36.03	38.96
3.- LÍMITE PLÁSTICO		10.35	10.02	8.27	18.86	
		11.01	10.70	9.00	18.24	18.55

4.- GRANULOMETRÍA

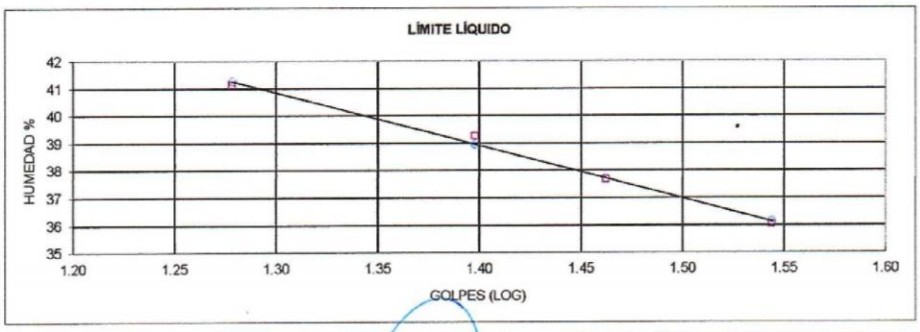
PESO IN= 200.00 (H/S) S
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 200.00

TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0.00	0	100
3/4"	0.00	0	100
1/2"	0.00	0	100
3/8"	0.00	0	100
No. 4	0.70	0	100
No. 10	9.40	4.70	95.30
No. 40	51.50	25.75	74.25
No. 200	101.20	50.60	49.40

5.- CLASIFICACIÓN

GRAVA	0
ARENA	50
FINOS	49
LL =	39.00
LP =	19.00
IP =	20.00

CLASIFICACIÓN
SUCS : CL
AASHTO: A-6
IG(86): 6
IG(45): 6



CLASIFICACIÓN AASHTO: Arcilla de baja plasticidad (A-6)

Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz.
LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR
CEL: 0991212789 **DIR.:** Zamora - Ecuador.

ISRAEL VILLAVICENCIO ALDAZ
INGENIERO CIVIL
R.U.C.: 1900352285001
CEL.: 0991 212 789

ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ.
INGENIERO CIVIL

DISEÑOS ESTRUCTURALES.
ESTUDIOS DE SUELOS.
CONSTRUCCIÓN.
FISCALIZACIÓN.
CONSULTORÍAS.
PRESUPUESTOS.
TOPOGRAFÍA.

PROYECTO :				**NORMA:**	ASTM D 4318, AASHTO T-27
	X	Y	Z	**AFLORAM.**	28
COORDENA:	658,386.00	9,522,236.00	1,400.00	**MUESTREO:**	Compuesto
LOCALIZAC:	Cariamanga			**PROFUNDIDAD:**	
CODIGO	CL-R-82			**FECHA**	18/10/2019

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		87.63	84.72	17.25	4.31	
		83.25	80.85	17.39	3.78	4.05
2.- LÍM. LÍQUIDO	19	38.54	34.12	17.60	26.76	
	25	38.85	34.42	17.23	25.77	
	28	39.21	34.85	17.58	25.25	
	33	41.26	36.60	17.76	24.73	25.73
3.- LÍMITE PLÁSTICO		12.48	11.92	8.72	17.50	
		12.04	11.57	8.99	18.22	17.86

4.- GRANULOMETRÍA

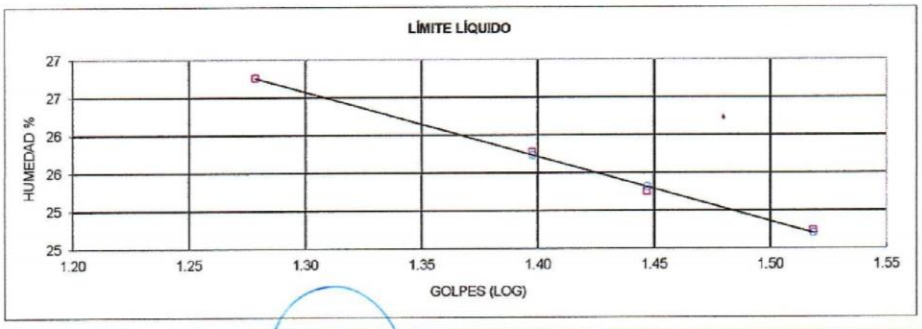
PESO IN= 200.00 (H/S) S
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 200.00

TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0.00	0	100
3/4"	0.00	0	100
1/2"	0.00	0	100
3/8"	0.00	0	100
No. 4	3.10	2	98
No. 10	21.20	10.60	89.40
No. 40	111.40	55.70	44.30
No. 200	144.80	72.40	27.60

5.- CLASIFICACIÓN

GRAVA	2
ARENA	71
FINOS	28
LL =	26.00
LP =	18.00
IP =	8.00

CLASIFICACIÓN
SUCS : SC
AASHTO: A-2-4
IG(86): 0
IG(45): 0



CLASIFICACIÓN AASHTO: Arena arcillosa de baja plasticidad (A-2-4)

Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz.
LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR
CEL: 0991212789 **DIR.:** Zamora - Ecuador.

ISRAEL VILLAVICENCIO ALDAZ
INGENIERO CIVIL
R.U.C.: 190035228500 1
CEL.: 0991 212 789

ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ.
INGENIERO CIVIL

DISEÑOS ESTRUCTURALES.
ESTUDIOS DE SUELOS.
CONSTRUCCIÓN.
FISCALIZACIÓN.
CONSULTORÍAS.
PRESUPUESTOS.
TOPOGRAFÍA.

PROYECTO :				**NORMA:**	ASTM D 4318, AASHTO T-27
	X	Y	Z	**AFLORAM.**	21
COORDENA:	644,395.00	9,522,408.00	1,400.00	**MUESTREO:**	Compuesto
LOCALIZAC:	Colaisaca			**PROFUNDIDAD:**	
CODIGO	CL-R-88			**FECHA**	21/10/2019

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		68.90	63.73	17.71	11.23	
		61.87	57.48	17.64	11.02	11.13
2.- LÍM. LÍQUIDO	18	49.56	41.70	17.66	32.70	
	25	45.68	38.98	17.56	31.28	
	30	43.38	37.43	17.66	30.10	
	35	39.10	34.22	17.27	28.79	30.99
3.- LÍMITE PLÁSTICO		12.02	11.58	8.93	16.60	
		11.49	11.08	8.51	15.95	16.28

4.- GRANULOMETRÍA

PESO IN= 200.00 (H/S) S
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 200.00

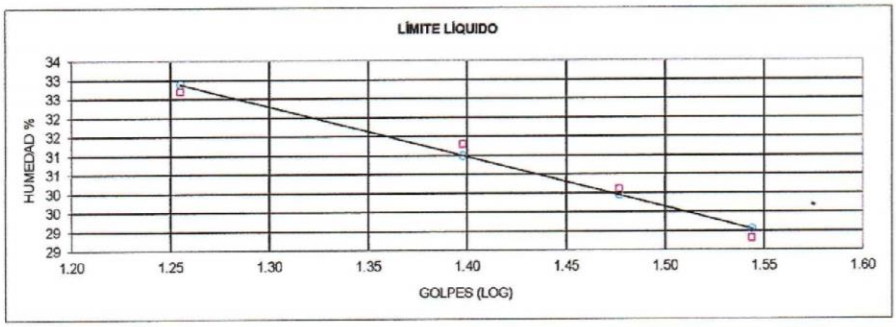
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0.00	0	100
3/4"	0.00	0	100
1/2"	0.00	0	100
3/8"	0.00	0	100
No. 4	1.40	1	99
No. 10	6.80	3.40	96.60
No. 40	15.90	7.95	92.05
No. 200	45.50	22.75	77.25

5.- CLASIFICACIÓN

GRAVA	1
ARENA	22
FINOS	77
LL =	31.00
LP =	16.00
IP =	15.00

CLASIFICACIÓN

SUCS :	CL
AASHTO:	A-6
IG(86):	12
IG(45):	10



CLASIFICACIÓN AASHTO: Arcilla de baja plasticidad (A-6)

Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz.
LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR
CEL: 0991212789 **DIR.:** Zamora - Ecuador.

ISRAEL VILLAVICENCIO ALDAZ
INGENIERO CIVIL
R.U.C.: 1900352285001
CEL.: 0991 212 789

ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ.
INGENIERO CIVIL

DISEÑOS ESTRUCTURALES.
ESTUDIOS DE SUELOS.
CONSTRUCCIÓN.
FISCALIZACIÓN.
CONSULTORÍAS.
PRESUPUESTOS.
TOPOGRAFÍA.

PROYECTO :				**NORMA:**	ASTM D 4318, AASHTO T-27
	X	Y	Z	**AFLORAM.**	27
COORDENA:	660,702.00	9,525,210.00	1,400.00	**MUESTREO:**	Compuesto
LOCALIZAC:	Tierras Coloradas			**PROFUNDIDAD:**	
CODIGO	CL-R-109			**FECHA**	24/10/2019

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		63.13	55.77	17.47	19.22	
		64.21	56.66	17.35	19.21	19.21
2.- LÍM. LÍQUIDO	20	32.76	26.25	17.34	73.06	
	25	32.76	26.35	17.40	71.62	
	30	33.53	26.89	17.40	69.97	
	35	35.10	28.07	17.68	67.66	71.28
3.- LÍMITE PLÁSTICO		10.94	10.45	8.62	26.78	
		11.41	10.85	8.80	27.32	27.05

4.- GRANULOMETRÍA

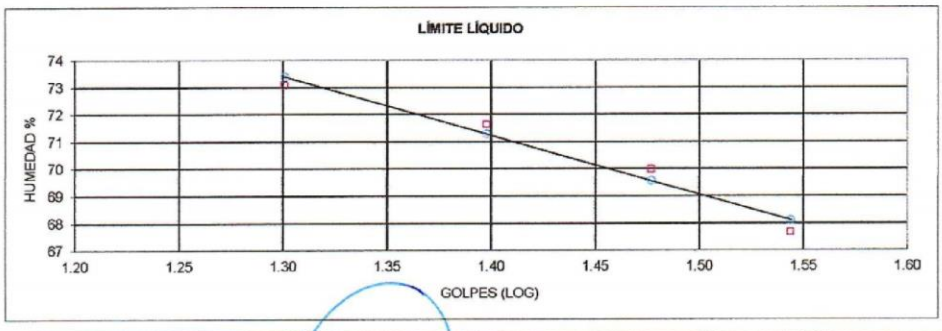
PESO IN= 200.00 (H/S) S
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 200.00

TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0.00	0	100
3/4"	0.00	0	100
1/2"	0.00	0	100
3/8"	0.00	0	100
No. 4	0.00	0	100
No. 10	0.50	0.25	99.75
No. 40	4.60	2.30	97.70
No. 200	43.80	21.90	78.10

5.- CLASIFICACIÓN

GRAVA	0
ARENA	22
FINOS	78
LL =	71.00
LP =	27.00
IP =	44.00

CLASIFICACIÓN
SUCS : CH
AASHTO: A-7-6
IG(86): 37
IG(45): 20



CLASIFICACIÓN AASHTO: Arcilla de alta plasticidad (A-7-6)

Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz.
LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR
CEL: 0991212789 **DIR.:** Zamora - Ecuador.

ISRAEL VILLAVICENCIO ALDAZ
INGENIERO CIVIL
R.U.C.: 1900352285001
CEL.: 0991 212 789

ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ.
INGENIERO CIVIL

DISEÑOS ESTRUCTURALES.
ESTUDIOS DE SUELOS.
CONSTRUCCIÓN.
FISCALIZACIÓN.
CONSULTORÍAS.
PRESUPUESTOS.
TOPOGRAFÍA.

PROYECTO :				**NORMA:**	ASTM D 4318, AASHTO T-27
	X	Y	Z	**AFLORAM.**	20
COORDENA:	680,491.00	9,533,143.00	1,400.00	**MUESTREO:**	Compuesto
LOCALIZAC:	Purunuma			**PROFUNDIDAD:**	
CODIGO	GN-R-126			**FECHA**	24/10/2019

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		61.63	51.99	17.45	27.91	
		62.43	52.38	17.69	28.97	28.44
2.- LÍM. LÍQUIDO	20	35.10	29.86	17.58	42.67	
	25	37.33	31.57	17.63	41.32	
	30	38.97	32.67	17.30	40.99	
	35	36.75	31.26	17.79	40.76	41.68
3.- LÍMITE PLÁSTICO		11.65	11.20	8.80	18.75	
		11.36	10.93	8.65	18.86	18.80

4.- GRANULOMETRÍA

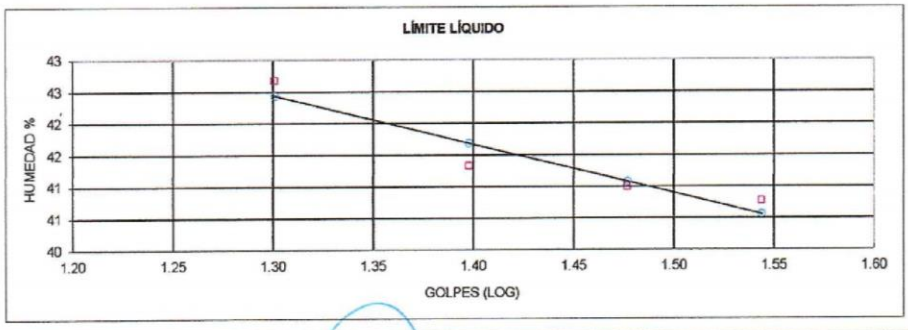
PESO IN= 200.00 (H/S) S
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 200.00

TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA
1"	0.00	0	100
3/4"	0.00	0	100
1/2"	0.00	0	100
3/8"	0.00	0	100
No. 4	0.00	0	100
No. 10	0.20	0.10	99.90
No. 40	1.10	0.55	99.45
No. 200	20.10	10.05	89.95

5.- CLASIFICACIÓN

GRAVA	0
ARENA	10
FINOS	90
LL =	42.00
LP =	19.00
IP =	23.00

CLASIFICACIÓN
SUCS : CL
AASHTO: A-7-6
IG(86): 21
IG(45): 14



CLASIFICACIÓN AASHTO: Arcilla de baja plasticidad (A-7-6)

Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz.
LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR
CEL: 0991212789 **DIR.:** Zamora - Ecuador.

ISRAEL VILLAVICENCIO ALDAZ
INGENIERO CIVIL
R.U.C.: 19003522850
CEL.: 0991 212 789

Anexo 7.

RESULTADO DE LOS ENSAYOS QUÍMICOS.

UTPL
UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA, MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE BENEFICIO DE MINERALES
SALA DE GEOQUÍMICA ANALÍTICA

Asunto: Informe de Análisis Químico
Método: Fluorescencia de Rayos X
Solicitante: Julio Torres Pardo.
Fecha de entrega: 26 de noviembre de 2019.

En la siguiente tabla se presentan los valores obtenidos del análisis químico realizado por Fluorescencia de Rayos X de las muestras correspondientes al **Exp. No. 135 - 2019**, las cuales pertenecen al desarrollo del tema de tesis: Caracterización de materias primas no metálicas para la producción de cerámica plana en los cantones Espíndola, Sozoranga, Calvas, Quilanga y Gonzanamá de la provincia de Loja a escala 1:50000.
Su análisis se realizó empleando el equipo Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X portátil S1 Turbo marca Bruker.

MUESTRA	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	CaO (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	Fe_2O_3 (%)	TiO_2 (%)	Co_3O_4 (%)
CL – R – 2	61,0	15,2	1,36	0,31	0,59	0,88	0,141	0,24
Cl – R – 3	51,8	26,8	0,27	0,29	0,83	0,61	0,45	0,17
CL - R - 89	61,0	20,9	0,36	0,30	1,36	2,44	0,34	0,65
QL – R – 12	62,7	22,8	0,14	0,31	0,93	1,48	0,24	0,39
CL – R – 20	47,0	26,1	0,19	0,43	1,53	3,46	0,78	0,92
CL – R – 27	62,0	20,8	0,37	0,33	2,11	0,60	0,18	0,17
CL – R – 48	67,6	20,7	0,15	0,34	ND	0,84	0,1	0,23
CL – R – 82	42,2	29,5	0,18	0,25	0,008	4,84	0,87	1,26
CL – R – 86	57,6	24,5	0,48	0,23	2,41	0,19	0,26	0,05
CL – R – 109	42,5	28,8	0,22	0,29	ND	5,18	0,79	1,37
GN – R – 36	43,6	24,1	0,27	0,29	0,31	3,6	0,52	0,95
GN – R – 40	46,8	21,7	1,42	0,32	0,16	3,29	0,56	0,86
GN – R – 42	47,6	27,6	0,11	0,31	ND	3,67	0,58	0,97
GN – R – 43	46,1	28,3	0,29	0,21	0,11	4,07	0,49	1,08
ES – R – 61	59,9	20,1	0,41	0,33	3,03	0,54	0,18	0,15
ES – R – 76	54,0	20,4	0,13	0,29	1,75	2,69	0,27	0,72
GN – R – 126	46,3	28,3	0,14	0,20	ND	3,22	0,36	0,84
QL – R – 7	47,7	27,4	0,12	0,26	ND	3,36	0,39	0,89

Estos resultados corresponden a la composición química de la muestra expresada en elementos mayoritarios (>1%), minoritarios (<1 a 0,1%) y trazas (ppm).

UTPL y Laboratorio de Beneficio de Minerales se deslindan de toda responsabilidad civil, laboral y penal, derivado del protocolo de muestreo de las alícuotas ingresadas al laboratorio que puedan alterar los resultados del análisis, puesto que en este caso no fueron tomadas por un representante de la UTPL.

Observaciones: El Na_2O y Carbono no es analizado por FRX, pero la muestra los puede contener.
ND: No detectado.

Ing. Erika Calderón M.
Responsable de la Sala de Geoquímica Analítica del Laboratorio de Beneficio de Minerales