



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA
AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

“Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro de la provincia de Loja a escala 1:50000”

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

AUTOR:

Jackson Steewar Guajala Rojas

DIRECTOR:

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2020

II.CERTIFICACIÓN

Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS Y DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, realizado por el señor egresado: **JACKSON STEEWAR GUAJALA ROJAS** con CI; **1104676646** en su proceso de investigación denominado, “**CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS NO METÁLICAS PARA LA INDUSTRIA CERÁMICA PLANA EN LOS CANTONES LOJA Y SARAGURO DE LA PROVINCIA DE LOJA A ESCALA 1:50000**”, previo a la obtención del título de Ingeniera en Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, 13 de Enero del 2020



Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS

III. AUTORÍA

Yo, **JACKSON STEEWAR GUAJALA ROJAS** declaro ser el 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:



Cedula: 1104676646

Fecha: 12/02/2020

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

Yo **JACKSON STEEWAR GUAJALA ROJAS**, declaro ser autor de la tesis titulada: **CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS NO METÁLICAS PARA LA INDUSTRIA CERÁMICA PLANA EN LOS CANTONES LOJA Y SARAGURO DE LA PROVINCIA DE LOJA A ESCALA 1:50000**, como requisito para optar al grado de: **INGENIERO EN GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, doce días del mes de febrero del dos mil veinte.

Firma:



Autor: Jackson Steewar Guajala Rojas

Cédula: 1104676646

Dirección: Loja (Urbanización Reinaldo Espinoza)

Celular: 0995408952

Datos Complementarios.

Director de Tesis: Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc

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

Ing. Maritza Ximena Ochoa Tapia, Mg. Sc

Ing. José Francisco Ochoa Alfaro, Mg. Sc

V. DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Mariana y César, luz en mi vida, mi apoyo y fortaleza.

De manera especial a mi madre. Madre querida, eres mi mayor ejemplo e inspiración, símbolo de lucha y perseverancia. Me has enseñado a no rendirme jamás, con tu amor y sabiduría has sabido inspirarme a salir adelante en mis más duras batallas.

A mis hermanos Sonia y Alejandro. La distancia y los años no se han convertido nunca en ausencia, nuestra hermandad ha sido como la luz que viaja en el espacio, eterna y constante. Siempre a mi lado, apoyándome en todo.

A mis sobrinos, Marlon, Jorge, Alejandra, Sebastián, Jesús y Juliana.

A mis amigos y compañeros

Jackson Steewar G.

VI. AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento sempiterno a Dios y a la vida, ambos me han enseñado que aquel refrán “Mientras haya vida hay esperanza” es real. En Dios encontré la fuerza y sabiduría para empezar de nuevo y mejor. Y por ello a él está dedicado mi esfuerzo y trabajo.

A mis padres que siempre me han dado su apoyo incondicional, para alcanzar una meta más en la vida. Sin ustedes no habría sido posible este logro.

A mis hermanos, y sobrinos por darme una palabra de aliento, motivación, y alegría en momentos difíciles.

A la Universidad Nacional de Loja, referente académico del sur del país y que trabaja incansablemente por lograr una educación pública de calidad. Gracias por formarme profesionalmente en tus aulas y prepárame para aportar positivamente a la sociedad y al país.

A mi director de tesis, Ing. Carlomagno Chamba, por su dedicación y entrega, demostrando su compromiso, profesionalismo, y que con su ayuda permanente he llegado a concluir satisfactoriamente este trabajo investigativo.

A todos los docentes de la Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, quienes a lo largo de estos años de vida universitaria han contribuido con sus conocimientos, consejos y amistad.

A mis amigos cercanos, y a todos quienes de una u otra manera han estado presentes para alcanzar este logro en mi vida.

Jackson Steewar G.

VII. ÍNDICE DE CONTENIDOS

II. CERTIFICACIÓN	II
III. AUTORÍA	III
IV. CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN DEL TEXTO COMPLETO	IV
V. DEDICATORIA	V
VI. AGRADECIMIENTO	VI
VII. ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
1. TÍTULO:.....	1
2. RESUMEN	2
3. INTRODUCCIÓN.....	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. Definición de yacimientos minerales y sus principales minerales constituyentes	5
4.2. Materias primas cerámicas: rocas y minerales empleados	6
4.2.1. Materias primas plásticas	9
4.2.1.1. Arcillas comunes	10
4.2.1.2. Caolines.....	11
4.2.1.3. Clasificación industrial de las arcillas	16
4.2.2. Materias primas no plásticas o desgrasantes.....	18
4.2.2.1. Feldespato y Sienita Nefelina.....	18
4.2.2.2. Especificadores técnicas del feldespato de grado cerámico.....	19
4.2.2.3. Sílice.....	20
4.2.2.4. Carbonatos.....	21
4.3. Distribución granulométrica	22
4.4. La importancia de los límites de Atterberg en el estudio de los materiales arcillosos.....	23
4.4.1. Significado de límites de Atterberg para la industria cerámica y de los ladrillos	23
4.5. Proceso Cerámico	25
4.6. Criterios para la elección de las materias primas cerámicas.....	26
4.7. Control de calidad de materias primas.....	27
4.8. Base de datos	28

5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
5.1.	Materiales.....	29
5.2.	Metodología.....	30
5.2.1.	Metodología para el primer objetivo	30
5.2.2.	Metodología para el segundo objetivo.....	32
5.2.2.1.	Metodología para caracterizar las propiedades físicas.....	33
5.2.2.2.	Metodología para caracterizar las propiedades mineralógicas.....	38
5.2.2.3.	Metodología para caracterizar las propiedades industriales.....	39
5.2.3.	Metodología para el tercer objetivo.....	44
6.	RESULTADOS	46
6.1.	Caracterización del área de estudio.....	46
6.1.1.	Ubicación geográfica.....	46
6.1.2.	Acceso	47
6.1.3.	Clima	47
6.1.4.	Topografía	47
6.1.5.	Geología histórica y evolutiva.....	48
6.1.6.	Geología regional.	51
6.1.7.	Litoestratigrafía	52
6.1.8.	Geomorfología.....	63
6.1.9.	Hidrografía	68
6.1.10.	Estructuras regionales	68
6.2.	Resultados del primer objetivo	70
6.2.1.	Geología local.....	70
6.2.1.1.	Arcillas	70
6.2.1.2.	Volcánicos.....	84
6.2.1.3.	Rocas Graníticas.....	86
6.3.	Resultados del segundo objetivo.....	88
6.4.	Resultados del tercer objetivo.....	125
7.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	127
8.	CONCLUSIONES.....	133
9.	RECOMENDACIONES	138
10.	BIBLIOGRAFÍA	139
11.	ANEXOS	144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química (% en peso) de arcillas de cocción Roja.....	11
Tabla 2. Principales propiedades físicas del caolín	12
Tabla 3. Características de algunos de los tipos de arcillas de aplicación cerámica en España.....	16
Tabla 4. Composición química de caolines españoles utilizados para la fabricación de baldosas de pasta blanca (% en peso).....	16
Tabla 5. Propiedades físicas y químicas de los feldespatos y nefelina.....	19
Tabla 6. Calidades y especificaciones para el feldespato “grado cerámico”	19
Tabla 7. Clasificación de los tipos tecnológicos de mena	20
Tabla 8. Clasificación de malla ASTM y su equivalencia.....	22
Tabla 9. Muestras tomadas en el área de estudio.....	33
Tabla 10. Principales unidades geomorfológicas presentes en el cantón Loja.....	64
Tabla 11. Descripción de unidades geomorfológicas del cantón Saraguro.....	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales minerales constituyentes de la corteza terrestre.....	5
Cuadro 2. Composición de una pasta cerámica	6
Cuadro 3. Principales minerales utilizados como materia prima cerámica.....	7
Cuadro 4. Principales rocas utilizadas como materia prima cerámica.	8
Cuadro 5. Composición y características de las diferentes tipologías de pastas.....	9
Cuadro 6. Propiedades características de las arcillas comunes.....	11
Cuadro 7. Clasificación industrial de las arcillas.	17
Cuadro 8. Funciones de las materias primas no plásticas en la pasta	18
Cuadro 9. Materiales de campo, oficina y laboratorio	29
Cuadro 10. Cartas geológicas del área de estudio.....	31
Cuadro 11. Ficha para la descripción de afloramientos.	32
Cuadro 12. Ficha de descripción macroscópica de rocas.....	39
Cuadro 13. Características Físicas de la Muestra SR-R-17.	88
Cuadro 14. Características Físicas de la Muestra LJ-R-20.	89
Cuadro 15. Resultados físico cerámicos de la muestra LJ-R-20.....	90
Cuadro 16. Características Físicas de la Muestra LJ-R-1.	91
Cuadro 17. Resultados físico cerámicos de la muestra LJ-R-1.....	92
Cuadro 18. Características Físicas de la Muestra LJ-R-2.	93
Cuadro 19. Resultados físico cerámicos de la muestra LJ-R-2.....	94
Cuadro 20. Características Físicas de la Muestra LJ-R-3.	95
Cuadro 21. Resultados físico cerámicos de la muestra LJ-R-3.....	96
Cuadro 22. Características Físicas de la Muestra LJ-R-5.	97
Cuadro 23. Resultados físico cerámicos de la muestra LJ-R-5.....	98
Cuadro 24. Características Físicas de la Muestra LJ-R-7.	99
Cuadro 25. Resultados físico cerámicos de la muestra LJ-R-7.....	100
Cuadro 26. Características Físicas de la Muestra SR-R-7.	101
Cuadro 27. Resultados físico cerámicos de la muestra SR-R-7.....	102
Cuadro 28. Características Físicas de la Muestra LJ-R-10.	103
Cuadro 29. Resultados físico cerámicos de la muestra LJ-R-10.....	104
Cuadro 30. Características Físicas de la Muestra SR-R-14.	105
Cuadro 31. Resultados físico cerámicos de la muestra SR-R-14.....	106

Cuadro 32. Características Físicas de la Muestra SR-R-15.	107
Cuadro 33. Resultados físico cerámicos de la muestra SR-R-15.....	108
Cuadro 34. Características Físicas de la Muestra LJ-R-4.	109
Cuadro 35. Resultados físico cerámicos de la muestra LJ-R-4.....	110
Cuadro 36. Características Físicas de la Muestra SR-R-18.	111
Cuadro 37. Resultados físico cerámicos de la muestra SR-R-18.....	112
Cuadro 38. Características Físicas de la Muestra LJ-R-6.	113
Cuadro 39. Características Físicas de la Muestra SR-R-8.	114
Cuadro 40. Características Físicas de la Muestra SR-R-12.	114
Cuadro 41. Características Físicas de la Muestra LJ-R-9.	115
Cuadro 42. Resultados físico cerámicos de la muestra LJ-R-9.....	116
Cuadro 43. Características Físicas de la Muestra LJ-R-11.	117
Cuadro 44. Características Físicas de la Muestra SR-R-22.	119
Cuadro 45. Resultados físico cerámicos de la muestra SR-R-22.....	119
Cuadro 46. Características Físicas de la Muestra SR-R-13.	121
Cuadro 47. Clasificación industrial de las arcillas encontradas en el área de estudio.	130
Cuadro 48. Clasificación de tipos de mena de feldespato del área de estudio en función del contenido en peso de K ₂ O	132
Cuadro 49. Indicios minerales para la industria cerámica plana del área de estudio..	133
Cuadro 50. Muestras de arcillas de las cuencas Miocénicas del área de estudio.....	133
Cuadro 51. Muestras de arcilla, producto de la meteorización de rocas volcánicas... ..	134
Cuadro 52. Muestras catalogadas como Ball Clays.	134
Cuadro 53. Muestras catalogados como arcillas margosas con bajo contenido de carbonatos.....	135
Cuadro 54. Muestras catalogadas como arcillas no margosas plásticas.	135
Cuadro 55. Muestras catalogadas como arcillas no margosas poco plásticas.....	135
Cuadro 56. Muestras catalogadas como sílice.	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general de clasificación de los materiales arcillosos de aplicación cerámica.....	10
Figura 2. Diagrama K_2O vs. SiO_2 (en peso%) mostrando las tendencias evolutivas mayores, correspondientes a las series: shoshonítica, calco-alcalina alta en potasio, calco-alcalina y baja en potasio	20
Figura 3. Diagrama de plasticidad: líneas características.....	24
Figura 4. Diagrama de plasticidad: zonas típicas para algunas arcillas de plasticidad muy elevada y para la turba.....	25
Figura 5. Fases del proceso cerámico.....	26
Figura 6. Criterios para la elección de la materia prima cerámica	27
Figura 7. Ensayos correspondientes a las materias primas.....	28
Figura 8. Diagrama de la metodología empleada en la investigación.....	30
Figura 9. Principio de funcionamiento de la instrumentación para el análisis químico por fluorescencia de rayos X, (FRX).....	44
Figura 10. Mapa de ubicación del área de estudio	46
Figura 11. Mapa Geológico del Sur del Ecuador con ubicaciones de las series sedimentarias Miocénica.	50
Figura 12. Foto de Relieve montañoso (R7). Sector Gualiel. 2013.....	65
Figura 13. Foto de Relieve colinado muy alto (R6). Sector El Cisne. 2013	66
Figura 14. Foto de Relieve colinado alto (R5). Sector Vilcabamba. 2013.....	66
Figura 15. Principales fallas y rasgos morfológicos del Ecuador	70
Figura 16. Columna estratigráfica del sector Sumaypamba.	71
Figura 17. Fotografía del afloramiento de lutitas en El Cisne, coordenadas UTM, Datum WGS 84 (676143E; 9577352N)	72
Figura 18. Columna estratigráfica del sector Ceredario.....	73
Figura 19. Fotografía del afloramiento de lutitas ubicado en el sector de Virgenpamba coordenadas UTM, Datum WGS 84, (698795E; 9564032N)	74
Figura 20. Columna estratigráfica del sector Virgempamba.....	75
Figura 21. Fotografía del afloramiento de arcillas en la concesión minera ROA coordenadas UTM Datum WGS 84 (701184E; 9558216N).	76

Figura 22. Columna estratigráfica del sector Barrio Las Palmeras, vía antigua Loja – Zamora.....	76
Figura 23. Fotografía de afloramiento vía Nueva a Zamora coordenadas UTM, Datum WGS 84 (700971E; 9558630N)	77
Figura 24. Columna estratigráfica del sector El Calvario, vía Loja – Zamora.....	78
Figura 25. Fotografía de afloramiento compuesto de arcillas, Malacatos coordenadas UTM, Datum WGS 84 (690890E; 9535048N)	79
Figura 26. Columna estratigráfica del sector San Francisco, Malacatos.....	80
Figura 27. Fotografía del afloramiento de arcilla en el sector San Francisco Alto, coordenadas UTM, Datum WGS 84 (692287E; 9537627N)	81
Figura 28. Columna estratigráfica del sector San Francisco Medio, Malacatos	82
Figura 29. Fotografía del afloramiento de arcilla en las coordenadas UTM, Datum WGS 84 (691650E; 9568798N)	83
Figura 30. Fotografía del afloramiento de tobas meteorizadas, coordenadas UTM, Datum WGS 84 (700001E; 9602999N)	84
Figura 31. Fotografía del afloramiento en la parroquia Yúluc en las coordenadas UTM, Datum WGS 84 (674681E, 9628475N)	85
Figura 32. Fotografía del afloramiento en la vía Tenta –Selva Alegre en las coordenadas UTM, Datum WGS 84 (692944E; 9600676N)	85
Figura 33. Fotografía del afloramiento y muestra tomada, en la vía El Cisne –Ambocas en las coordenadas UTM, Datum WGS 84 (667472E, 9577384N)	86
Figura 34. Fotografía del afloramiento en la vía Loja-Las Juntas UTM, Datum WGS 84 (694887E, 9577703N),	87
Figura 35. Fotografía del afloramiento en la vía Loja-Las Juntas, en las coordenadas UTM, Datum WGS 84 (697007E; 9576142N)	87
Figura 36. Pieza cerámica de la muestra LJ-R-20.....	90
Figura 37. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-20.	91
Figura 38. Pieza cerámica de la muestra LJ-R-1.....	92
Figura 39. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-1.	93
Figura 40. Pieza cerámica de la muestra LJ-R-2.....	94

Figura 41. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-2	95
Figura 42. Pieza cerámica de la muestra LJ-R-3.....	96
Figura 43. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-3.	97
Figura 44. Pieza cerámica de la muestra LJ-R-5.....	98
Figura 45. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-5.	99
Figura 46. Pieza cerámica de la muestra LJ-R-7.....	100
Figura 47. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-7.	101
Figura 48. Pieza cerámica de la muestra SR-R-7	102
Figura 49. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra SR-R-7	103
Figura 50. Pieza cerámica de la muestra LJ-R-10.....	104
Figura 51. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-10	105
Figura 52. Pieza cerámica de la muestra SR-R-14.....	106
Figura 53. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra SR-R-14	107
Figura 54. Pieza cerámica de la muestra SR-R-15.....	108
Figura 55. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra SR-R-15.	109
Figura 56. Pieza cerámica de la muestra LJ-R-4.....	110
Figura 57. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-4.	111
Figura 58. Pieza cerámica de la muestra SR-R-18.....	112
Figura 59. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-6.	113
Figura 60. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra SR-R-12.	115
Figura 61. Pieza cerámica de la muestra LJ-R-9.....	116

Figura 62. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-9.	117
Figura 63. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-11.	118
Figura 64. Pieza cerámica de la muestra SR-R-22.	120
Figura 65. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra SR-R-22.	120
Figura 66. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra SR-R-21.	122
Figura 67. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra SR-R-16.	122
Figura 68. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra SR-R-25.	123
Figura 69. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-19.	124
Figura 70. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-24.	124
Figura 71. Captura de pantalla del Web Map realizado con QGis.	125
Figura 72. Código QR, del sitio web.	126
Figura 73. Representación gráfica de las muestras de arcilla recolectadas ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ vs $\text{MgO} + \text{CaO}$) % en peso.	128
Figura 74. Representación gráfica de las muestras de arcilla recolectadas ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ vs $\text{MgO} + \text{CaO}$) % en peso.	128
Figura 75. Representación gráfica del índice de plasticidad vs Al_2O_3 de la totalidad de muestras de arcillas del área de estudio.	129
Figura 76. Representación gráfica del índice de plasticidad vs Al_2O_3 de muestras de arcilla de origen sedimentario del área de estudio.	130
Figura 77. Diagrama de clasificación de rocas magmáticas K_2O vs SiO_2 , según Peccerillo & Taylor, (1976), adaptado por Wilson, (1991).	131
Figura 78. Diagrama de clasificación de Rocas volcánicas K_2O vs SiO_2 según Peccerillo & Taylor, (1976), adaptado por Wilson, (1991).	132

1. TÍTULO:

Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro de la provincia de Loja a escala 1:50000.

2. RESUMEN

El presente trabajo denominado “Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro de la provincia de Loja a escala 1:50000”, abarca un área de 2969.77 Kilómetros cuadrados, los cuales representan el 26.85% de la provincia de Loja y constituye un aporte al conocimiento geológico y al potencial minero no metálico, de la provincia.

El punto de partida fue la recopilación de información bibliográfica de trabajos geológicos y prospectivos previos, tales como mapas geológicos de Loja, Las Aradas, Gonzanamá, Saraguro, mapa de indicios no metálicos del Ecuador elaborado por el INIGEMM, en el año 2011, tesis de grado y libros relacionados al tema. Lo cual sumado a la teledetección se determinó posibles zonas de interés, que se corroboraron en campo.

En la etapa de campo, se realizó el recorrido y reconocimiento de los geomateriales, toma de datos estructurales, litológicos, así como la recolección de muestras en los sitios de interés encontrados, cumpliendo los protocolos del caso. Las muestras fueron sometidas a diversos análisis físicos, mecánicos, químicos, ensayos físico-cerámicos a fin de determinar sus características.

Se ha hecho énfasis en el contenido de alúmina, índice plástico, contenido de carbonatos, óxido de hierro, que para el caso de las arcillas sus proporciones en la muestra son de suma importancia ya que define el comportamiento de la pieza cerámica tras la quema. Y para el caso de los feldespatos, el indicador principal es el contenido de óxido de potasio.

En esta investigación se determinó que siete indicios se catalogan como arcillas de cocción blanca; cinco indicios como arcillas margosas con bajo contenido de carbonatos; cuatro arcillas plásticas y dos arcillas poco plásticas.

Para el caso de los feldespatos potásicos se determinó seis indicios, de los cuales solamente uno de ellos posee un contenido de óxido de potasio superior al 4% y el cual tiene un verdadero potencial para su aprovechamiento industrial.

Finalmente el trabajo investigativo se ha resumido en un Web Map (base de datos georeferenciada), la cual ha sido subida al internet y se puede acceder a ella de forma libre y visualizar los resultados de cada muestra e indicio mineral determinado en esta investigación.

ABSTRACT

The following work is dominated as “Characterization of Raw Materials nonmetallics for the flat ceramic industry, in the towns of Loja and Saraguro that belongs to the province of Loja at a scale of 1:50000”, which it covers an area of 2969.77 square kilometers, from which they represent 26.85% from the province of Loja. Also constitutes a geologic report of knowledge and potential miner nonmetallic, at the province of Loja.

The starting point was the recompilation of bibliographic information, of geological jobs and previous prospects, such as geological maps from Loja, Las Aradas, Gonzanamá, Saraguro. Map of non-metallic sings of Ecuador, were elaborated by INIGEMM, in 2011, graded thesis and books related to the topic. From which, added to remote sensing, some interesting zones were found, that were corroborating at the camp.

At the camp stage, the places were visited and the geomaterials were recognized, intakes of structural data, lithology, just like the recollection of samples from the most interesting places founded, reaching out the protocol of the case. The samples were submitted to diverse physical analysis, mechanicals, chemicals, the review ceramic-physique with the goal of knowing the features.

Emphasis is placed of alumina content, plastic index, carbonates content, iron oxide, for the clay case that provides the samples of utmost importance, because defines the behavior of each ceramic piece that burns. For the case of feldspar, the principal indicator of the content is potassium oxide.

In this investigation it has been determined that seven signs that catalog like white cooking clays; five signs of margose clay with low content of carbons; four plastic clays and two low-plastic clay.

For the case of the potassium feldspar it was determined six signs, from which only one of them contains potassium oxide superior of 4% and in which it has a true potential from industrial usage.

Finally the job investigation was resume by Web Map (data base georeferenced), in which was uploaded to the web and it can access for free any time and look at the results of each sample and material that were mentioned in this investigation.

3. INTRODUCCIÓN

La caracterización de materias primas no metálicas en los cantones de Loja y Saraguro a escala 1: 50000, constituye un aporte significativo para la industria cerámica plana y para el conocimiento del potencial geológico minero de este sector de la Provincia de Loja. La zona de estudio presenta características favorables ya que los diversos ambientes geológicos, la tectónica, la actividad volcánica y magmática, y condiciones climáticas, entre otros, a lo largo del tiempo han dado lugar a zonas de acumulación de minerales no metálicos de gran interés.

Sin embargo la información existente es escasa, se encuentra dispersa entre las diversas instituciones que manejan estos datos, desactualizada y a una escala demasiado amplia, además de la tecnología e infraestructura incipiente, para la investigación e industrialización de minerales no metálicos, desconocimiento de sus propiedades, características y potencialidades.

Estos factores han desencadenado efectos tales como una escasa industrialización de este sector minero, el desaprovechamiento de la riqueza mineral no metálica ya que como señala (Uribe, 2015) apenas un 15% de la riqueza mineral (arcillosa) del país es utilizada por el sector productor industrial; y la inexistencia de una base de datos de minerales no metálicos que sirva como fuente de información precisa y confiable.

Los minerales que se encuentran ligados de manera directa a la industria cerámica plana son las arcillas, caolines y feldespatos, por tal motivo en el marco teórico se aborda la clasificación de las arcillas desde el punto de vista cerámico geológico, el origen y clasificación de los caolines, los feldespatos y sus características, especificaciones tecnológicas. Así también el proceso cerámico y lineamientos para la elección de materias primas.

Por tal motivo los objetivos de la investigación se han orientado en primera instancia a describir geológicamente las materias primas no metálicas en el área de estudio. El segundo objetivo consiste en caracterizar las propiedades físicas, mineralógicas e industriales de los prospectos más representativos identificados; y finalmente con los resultados obtenidos elaborar una base de datos georeferenciada de las materias primas no metálicas asociadas a la industria cerámica plana de los cantones Loja y Saraguro.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Definición de yacimientos minerales y sus principales minerales constituyentes

En términos geológicos un depósito mineral es una parte de la corteza terrestre, en la cual debido a procesos geológicos, a lo largo del tiempo se ha producido una acumulación de materia mineral, la cual por sus características de cantidad, calidad y condiciones de depósito es redituable su explotación (Vassallo, 2008). Los yacimientos minerales por su forma se dividen en líquidos, gaseosos y sólidos. Estos se forman durante los procesos de formación de las rocas, tanto ígneas, sedimentarias y metamórficas; por tanto hay depósitos minerales vinculados con procesos ígneos, conocidos como endógenos o magmáticos; otros relacionados con procesos sedimentarios denominados exógenos o sedimentogénicos y otros relacionados con procesos metamórficos llamados metamorfogénicos (Vassallo, 2008). Las investigaciones geológicas y geoquímicas han logrado determinar la composición media de elementos químicos, así como de los principales minerales constituyentes de la corteza terrestre. (Ver cuadro 1).

Cuadro 1. Principales minerales constituyentes de la corteza terrestre.

FELDESPATOS CÁLCICO - SÓDICOS (Plagioclasas) Albita 0 - 10% An Oligoclasa 10 - 30% An Andesina 30 - 50% An Labradorita 50 - 70% An Bytownita 70 - 90% An Anortita 90 -100% An	Na[AlSi ₃ O ₈] Ca[Al ₂ Si ₂ O ₈]	42%
FELDESPATOS POTÁSICOS Ortoclasa, microclina, sanidina	K[AlSi ₃ O ₈]	22%
CUARZO	SiO ₂	18%
PIROXENOS Diópsido Augita	(Ca,Mg)[Si ₂ O ₆] (Ca,Mg,Fe,Ti,Al) ₂ [(Si,Al) ₂ O ₆]	9%
ANFÍBOLES Hornblenda, biotita, olivino		6%
MOSCOVITA	KAl ₂ [AlSi ₃ O ₁₀](OH,F) ₂	3%
FELDESPATOIDES Leucita Nefelina	K[AlSi ₂ O ₆] KNa ₃ [AlSi ₄ O ₄]	<1%

Fuente: Asociación Española de Técnicos Cerámicos, (2004)

Modificado por: Guajala, 2020

4.2. Materias primas cerámicas: rocas y minerales empleados

Los productos cerámicos clásicos, que constituyen la cerámica tradicional (cerámica estructural como 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), están preparados con materias primas naturales, que de acuerdo con su función pueden ser plásticas o no plásticas (Galán & Aparicio, 2000).

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", los cuales facilitan una cocción a menor temperatura e introducen los elementos necesarios para la formación de nuevas fases (Galán & Aparicio, 2000).

Para una mayor comprensión de la composición de un material cerámico tradicional, podemos generalizar la composición de una pasta cerámica, sabiendo que, con las oportunas modificaciones, podemos llegar a consideraciones parecidas para los otros materiales tradicionales; la pasta base estará compuesta por lo siguiente (Asociación Española de Técnicos Cerámicos, 2004), ver cuadro 2.

Cuadro 2. Composición de una pasta cerámica

Materiales arcillosos	Proporcionan suficiente plasticidad para poder obtener una forma definida. Estos aportan Al, Si y parte del Ca, Fe, Ti
Materiales fundentes	Como los feldespatos, nefelina etc., que en la cocción generan fases vítreas que actúan como ligantes entre las partículas y promueven las reacciones sólido-sólido; son portadores de Na, K, Al, Si.
Otros materiales	Como el talco, sílice, pirofilita, CaCO ₃ , etc. (llamados "INERTES"), que permiten obtener prestaciones concretas; aportan mayoritariamente Ca, Mg, Si.
Aditivos	Principalmente para mejorar la reología de las suspensiones acuosas; pueden ser inorgánicos u orgánicos, y se introducen en la pasta en cantidades muy pequeñas (<1%).

Fuente: Asociación Española de Técnicos Cerámicos, (2004)

Elaborado por: Guajala, 2020

También existen las llamadas cerámicas no tradicionales, cerámica técnica, cerámicas especiales o materiales avanzados. Estos materiales cerámicos se basan en un proceso cerámico similar al ya comentado anteriormente.

En el área de las materias primas se han multiplicado por diez los esfuerzos en investigación y desarrollo de nuevos proyectos mineros, en especial en feldespatos y arcillas de cocción blanca (Criado , Sánchez , & Regueiro , 2004).

A continuación en el cuadro 3 se detallan los principales minerales utilizados como materia prima en la industria cerámica, que en general son silicatos y rocas silicatadas.

Cuadro 3. Principales minerales utilizados como materia prima cerámica.

	Minerales	Fórmulas	Tipos de yacimientos frecuentes
Formas de la sílice	Cuarzo	SiO ₂	Cuarcitas, areniscas, diques de cuarzo, vidrios volcánicos. Sedimentos de precipitación química.
Feldespatos	Ortoclasa Microclina	KS ₃ O ₈ Al	Pegmatitas. Arenas de descomposición de granitos y gneises.
	Plagioclasas	Na Si ₃ O ₈ Al (albita) Ca Si ₂ O ₈ Al ₂ (anortita)	
Neso silicatos aluminicos y otros minerales de aluminio	Andalucita silimanita Distena	Al ₂ OSiO ₄	Aureolas de metamorfismo de rocas ígneas en sedimentos arcillosos. Gneises. Esquistos y pegmatitas.
	Corindón	Al ₂ O ₃	Pegmatitas pobres en sílice. Rocas ricas en aluminio, metamorfizadas
	Pirofilita	Al ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	Pizarras aluminicas de metamorfismo regional bajo.
Silicatos magnésicos y otros minerales de Mg	Olivino	Mg ₂ SiO ₄ (forsferita)	Rocas ultra básicas.
	Talco	Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	Dolomías silicificadas. Serpentinas y olivinos alterados. Ambientes metasomáticos, hidrotermal y de metamorfismo regional.
	Cordierita	Mg ₂ Si ₅ AlO ₁₈ Al ₃	Rocas de Mg y Al fuertemente metamorfizadas. Esquistos y gneises inyectados por rocas ígneas.
	Magnesita	Mg CO ₃	Series carbonatadas metamorfizadas. Asociada a serpentinas. Mármoles
	Vermiculita	(Mg, Fe, Al) ₃ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·4H ₂ O	Pegmatitas máficas. En serpentinas. Alteración de biotitas.
Otros minerales	Wollastonita	CaSiO ₃	Calizas impuras metamorfizadas.
	Grafito	C	Rocas carbonosas metamorfizadas por alta temperatura.
	Zircón	ZrSiO ₄	Placeres. Accesorios en rocas plutónicas y metamórficas ácidas.
	Cromita	FeCr ₂ O ₄	Rocas ultra básicas. Placeres.

Fuente: Galán & Aparicio, (2000)

Modificado por: Guajala, 2020

En el cuadro 4 se describen las rocas que generalmente se usan o han sido usadas: arcillas comunes (y margas), caolines y arcillas caoliníferas, pizarras, bauxitas y lateritas, areniscas y cuarcitas, basaltos, tobas, vidrios volcánicos, granitos y pegmatitas, diatomitas, y caliza y dolomías (Galán & Aparicio, 2000).

Cuadro 4. Principales rocas utilizadas como materia prima cerámica.

Nombre de la roca	Mineralogía esencial	Fórmula mineral
Caolín	Caolinita y metahalloysita Halloysita Feldespato. Cuarzo Illita (mica degradada y de tamaño pequeño)	$Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$ $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8 \cdot 4H_2O$
Arcilla refractaria	Caolinita, Cuarzo, illita	
Bauxita	Gibbsita Diasporo Bohemita Cuarzo, caolinita, óxidos de Fe	$Al(OH)_3$ $\alpha -AlO(OH)$ $\gamma -AlO(OH)$
Granito	Cuarzo, feldespatos Moscovita Biotita	$K Al_2 Si_3 AlO_{10}(OH)_2$ $K (Al, Mg, Fe)_3 Si_3 AlO_{10}(OH, F)_2$
Pizarra	Cuarzo, feldespatos, illita Clorita	$(Mg, Fe, Al)_6 (Si, Al)_4 O_{10} (OH)_8$
Caliza	Calcita, aragonito	$CaCO_3$
Dolomía	Dolomita	$(Ca, Mg) (CO_3)_2$
Serpentina	Crisotilo y antogorita	$Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8$
Arenisca, cuarcita	Cuarzo	
Arcillas cerámicas	Cuarzo, calcita, dolomita, caolinita, illita, clorita, vermiculita, óxidos de Fe, montmorillonita	$(Al, Mg, Fe)_2 (Si, Al)_4 (OH)_2 O_{10} X^{+0.7} nH_2O$

Fuente: Galán & Aparicio, (2000)

Modificado por: Guajala, 2020

Las materias primas se utilizan en una proporción determinada tomando en cuenta la función que cada una desempeña en la pasta cerámica ya sea plástica, estructural o vitrificante tanto en monocción roja o blanca, tal como se observa en el cuadro 5.

Cuadro 5. Composición y características de las diferentes tipologías de pastas.

Tipologías de pastas	Materia prima	%	Función		
			Plástica	Estructural	Vitrificante
Monococción porosa de cocción roja	Arcillas carbonáticas (Illita, montmorillonita, clorita, calcita, cuarzo)	55	+++	+	++
	Arcillas vitrificables de cocción roja (Illita, montmorillonita, clorita, caolinita, feldespatos, cuarzo)	15	+++	+	++
	Arenas feldespáticas (Cuarzo, feldespato potásico, albita)	30		+++	
Monococción porosa de cocción blanca	Arcillas blancas (Illita, caolinita, feldespatos, cuarzo)	35	+++	+	
	Arcillas caoliníticas (Caolinita, feldespato, cuarzo)	25	+++	+	
Monococción porosa de cocción blanca	Arenas feldespáticas	15		+++	+
	Arenas silíceas (Cuarzo)	15		+++	
	Calcita (Carbonato cálcico, dolomita)	10			+++
Monococción vitrificada de cocción roja	Arcillas rojas vitrificables	70	+++	+	+++
	Feldespatoides (Feldespato potásico, albita, cuarzo, caolinita)	15		+	+++
	Arenas silíceas	15		+++	
Monococción vitrificada de cocción blanca	Arcillas blancas	25	+++	+	
	Arcillas caoliníticas	15	+++	+	
	Feldespatoides	35		+	+++
	Feldespato sódico (Albita, feldespato potásico)	10		+	+++
	Arenas silíceas	15		+++	
Gres porcelánico	Arcillas caoliníticas	15	+++		
	Arcillas blancas	30	+++		
	Feldespato sódico	43		+	+++
	Arenas silíceas	10		+++	
	Talco (Talco, clorita, serpentina)	2			+++

Fuente: Asociación Española de Técnicos Cerámicos, (2004)

Modificado por: Guajala, 2020

4.2.1. Materias primas plásticas

Las materias primas plásticas están constituidas básicamente por arcillas. La definición de arcilla, según la nomenclatura de los comités de la AIPEA y de la Clay Minerals

Society (CMS) es la siguiente: “Materia prima natural con una constitución de partida compuesta por minerales de tamaño fino, que se comporta plásticamente con el agua y que endurece al ser secada o calentada” (Guggenheim & Martin., 1995)

Las arcillas, forman parte de los yacimientos minerales no metálicos, y se las ha clasificado desde el punto de vista cerámico- geológico según el organigrama de la figura 1. Con esta clasificación se pretende ubicar a todo material arcilloso existente en la naturaleza dentro de su grupo correspondiente y a partir de ahí describir su composición y aplicaciones cerámicas (Díaz Rodríguez & Torrecillas, 2002).

Las rocas que más se utilizan en la industria cerámica pertenecen a los grupos de las arcillas comunes y de los caolines. Las arcillas especiales ocupan en segundo plano para estos fines.

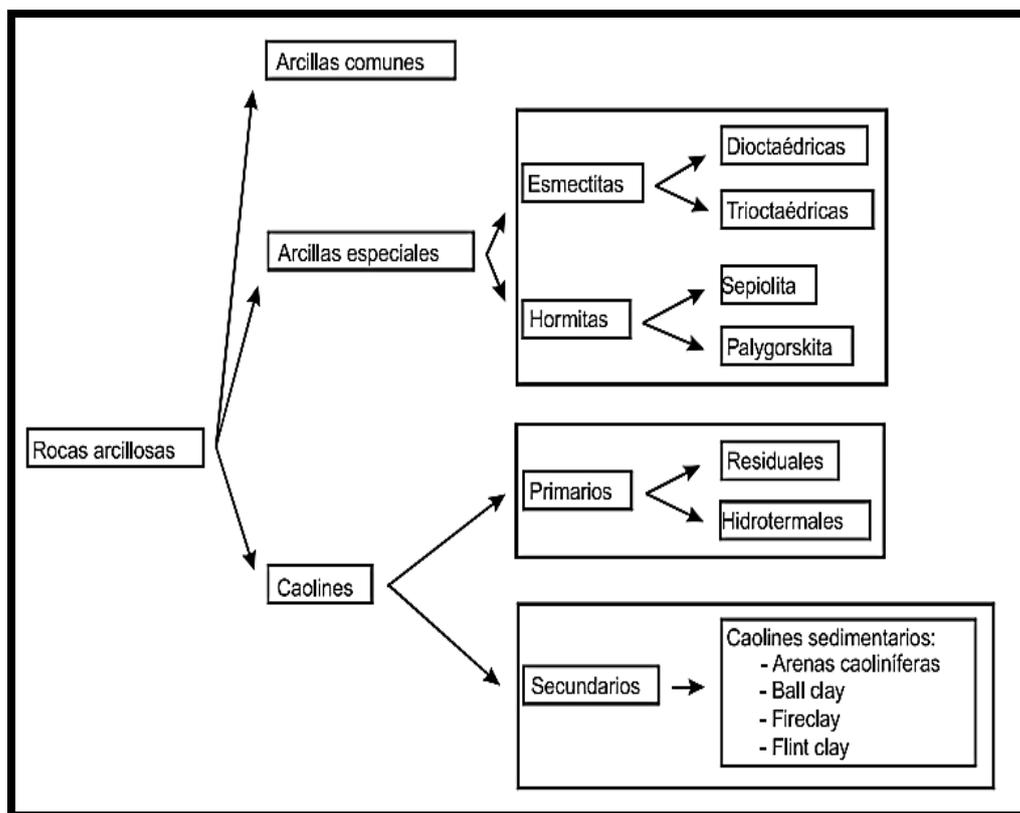


Figura 1. Esquema general de clasificación de los materiales arcillosos de aplicación cerámica
Fuente: Díaz Rodríguez & Torrecillas, (2002)

4.2.1.1. Arcillas comunes

Según Bartolomé, (1997) se sobreentiende como arcilla común a toda materia prima arcillosa de amplia distribución de afloramiento, que, por sus propiedades físicas y sus no

muy exigentes especificaciones químico mineralógicas, se utiliza, principalmente, en el sector cerámico de la construcción y en alfarería.

Mineralógicamente están constituidos de minerales arcillosos como illitas, moscovitas y en menor proporción minerales como caolinita, clorita, esmectitas y hormitas. Los minerales de cuarzo, carbonatos, así como distinta distribución granulométrica le confieren propiedades cerámicas sean muy variadas, tendiendo hacia plasticidades bajas y puntos de vitrificación inferiores a los 1100°C (Bartolomé, 1997). En el cuadro 6 se detalla las propiedades características de este tipo de arcillas.

Cuadro 6. Propiedades características de las arcillas comunes.

Principales usos	<ul style="list-style-type: none"> • Ladrillos huecos o caravista, • Tejas • Azulejos para pavimentos y revestimientos. • Alfarería • Industrias del cemento y • Agregados ligeros
Color del producto acabado	Rojizo
Contenidos en óxidos de hierro	2 - 2.5%.

Fuente: Bartolomé, (1997)

Elaborado por: Guajala, 2020

A continuación en la tabla 1 se detallan valores de porcentaje en peso de la composición química de algunas arcillas de cocción roja de la región de España, propuestos por el Instituto de Tecnología Cerámica, (2019).

Tabla 1. Composición química (% en peso) de arcillas de cocción Roja

	Moró	Villar	Galve	Chuilla	Mas Vell	Araya
SiO ₂	63	62	61	57	47	33
Al ₂ O ₃	17	18	19	16	12	13
Fe ₂ O ₃	6.7	6.3	6.4	5.6	3.7	4.5
CaO	1.3	1.5	1.4	4	15.2	21.8
MgO	1.5	1.3	1.3	3.6	2.1	1.8
K ₂ O	3	4	3.7	4	3.1	2.9
P.P.C.	5.8	5.7	6.1	9.1	16	21.4

Fuente: Instituto de Tecnología Cerámica, (2019)

4.2.1.2. Caolines

Una de las definiciones más ampliamente aceptada es la siguiente:

Se entiende por caolín a toda roca masiva compuesta esencialmente por materiales arcillosos con bajo contenido en hierro y generalmente de color blanco o casi blanco. Los minerales arcillosos del caolín son silicatos hidratados de aluminio de composición aproximada $2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Siendo la caolinita el mineral principal que caracteriza a la mayor parte de los caolines pero tanto la caolinita como otros minerales del Grupo pueden presentarse en mayor o en menor grado dentro de los caolines (Ross & Kerr., 1933, p.135).

Algunas propiedades características de los caolines son las siguientes:

- Contienen una proporción elevada de minerales tipo: caolinita, dickita, nacrita, etc.
- Tamaño de partícula intermedio
- Color blanco en crudo
- Baja plasticidad
- Fácilmente dispersable en agua
- Mal comportamiento al prensado
- Elevada refractariedad
- Color blanco en cocido

Las principales propiedades físicas del caolín pueden verse a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Principales propiedades físicas del caolín

Propiedad	Característica
Color	Blanco, gris o amarillento
Aspecto	Untuoso al tacto
Brillo	Terroso mate o nacarado cuando es cristalino
Raya	Blanca
Densidad	2,40 - 2,64 g/cm ³
Dureza	2-2,5

Fuente: Bartolomé, (1997)

En la clasificación propuesta por Bartolomé, (1997), los caolines se han separado en dos subgrupos principales: el de los caolines primarios y el de los caolines secundarios.

Los caolines primarios

Se han generado “in situ”, a partir de la roca madre original rica en feldespatos u otros silicatos aluminicos. Entre los principales factores influyentes según Smirnov, (1982) son:

- El clima, y temperatura ya que en las zonas de los trópicos, brindan condiciones favorables para la alteración de minerales.
- La composición de las rocas primarias es la que va a marcar en gran medida la corteza de meteorización que se forme. Así las rocas ácidas (ricas en minerales ricos en Al_2O_3 y SiO_2) van a ser las más favorables a ser transformadas en arcillas.
- Las estructuras geológicas son las que van a condicionar la morfología de algún tipo de yacimiento.
- Los fenómenos tectónicos (levantamiento o hundimiento de bloques) e incluso las vías de circulación de los fluidos hidrotermales, a través de la red de fisuras generada, harán que se transforme la roca madre original.
- El relieve del terreno va a favorecer la formación de una amplia corteza de meteorización. Así, los relieves con topografías de colinas medianas van a asegurar la percolación de las lluvias hasta el nivel freático asegurando un intercambio catiónico bajo la influencia del drenaje de la base local de la erosión.
- La hidrogeología, ya que los yacimientos primarios residuales se van a formar en la zona de aireación por encima del nivel de las aguas subterráneas.
- La edad geológica ya que estos depósitos se encuentran ligados a periodos orogénicos o post orogénicos. Las mejores condiciones físicas químicas, se dieron durante los largos periodos de interrupción de la sedimentación marina, en la regresión marina

Los caolines primarios se subdividen en dos grupos:

- **Los yacimientos de caolín residuales:** se forman en la corteza de meteorización de rocas feldespáticas, en granitos y otras rocas metamórficas. En los climas tropicales húmedos, asociados a abundantes lluvias, la meteorización en profundidad es muy intensa y actúa tanto sobre los cationes más móviles como el Na, Ca y Mg, Fe y K, enriqueciendo el terreno con cationes como el Al y el Ti (Díaz Rodríguez & Torrecillas, 2002).
- **Caolines hidrotermales:** se producen en rocas ácidas ígneas y metamórficas y se producen por la circulación de fluidos calientes a través de las fisuras o en el

macizo rocoso o bien por el calor desprendido durante el lento enfriamiento de las masas graníticas intrusivas sobre los materiales suprayacentes (Díaz Rodríguez & Torrecillas, 2002). Las rocas graníticas con micas no biotíticas son las rocas de caja más favorables a los procesos de caolinización hidrotermal (Bristow, 1987).

Los caolines secundarios

La meteorización puede tener un efecto determinante convirtiendo una arcilla de baja calidad en un depósito de caolín, sin embargo en algunos casos puede ser de origen primario y secundario. Resulta imposible la distinción entre caolinita detrítica y la de alteración sin o post diagenética, por ende todo depósito caolinífero en roca sedimentaria se lo considera como caolín secundario (Bartolomé, 1997).

Para simplificar, vamos a considerar tres tipos principales de caolines secundarios: caolines sedimentarios; arcillas caoliníferas, es decir, ball clays, fireclays (arcillas refractarias) y flint clays.

- **Las arenas caoliníferas:** están constituidas generalmente, por un 80% de cuarzo y un 20% de minerales caoliníticos (caolinita), en menor medida contienen feldespatos y micas (Bartolomé, 1997). Según Mesa López & Colmenar, (1992) se han formado como producto de la transformación del feldespato a caolinita, a través de un paso intermedio micáceo, basándose en que la asociación principal de las series está compuesta por caolinita e illita.
- **Arcillas “ball clay”:** se depositan en los lagos o en las zonas de desbordamientos de ríos, y por lo general asociados con lignitos. La mayoría se han formado durante el Eoceno-Oligoceno, debido a las características climáticas que imperaban en aquel tiempo. No se tiene registro de este tipo de materiales asociados a épocas más antiguas (Paleozoico), ya que por lo general materiales de ese periodo ya han sufrido algún grado de metamorfismo, mermandoles plasticidad, y otorgándoles pizarrosidad. Generalmente un ball clay tiene un buen brillo calcinado. Además tiene buen módulo de rotura y una buena plasticidad, lo cual se debe a la combinación de grano extremadamente fino de caolinita desordenada, la presencia de mica illítica y componentes orgánicos (Bartolomé, 1997).

- **Arcillas “fire clay”**: son arcillas compactas más o menos plásticas. En general contienen óxidos de hierro que impiden la cocción blanca, pero al igual que las anteriores, la caolinita desordenada es el mineral mayoritario, además de cuarzo, pirita, materia orgánica, etc. (Bartolomé, 1997).
- **Arcillas “flint clay”**: son arcillas masivas y duras, carecen de plasticidad, inclusive presentan fractura concoidea. Su componente mayoritario es la caolinita muy ordenada y bien cristalizada. Su campo principal de aplicación es la fabricación de refractarios sílico-aluminosos (Bartolomé, 1997). Su medio sedimentológico de formación es muy variado, va desde medios no marinos, fluviales y lagunares, hasta medios sedimentarios relacionados con depósitos de carbón (tonstein beds o capas guía) e incluso depósitos de cenizas volcánicas (Chesnut, 1983).
- **Arcillas “refractory clay”**: el concepto de “refractory clay” (arcillas refractarias), que algunos autores consideran equivalente al de “fire clay” según Patterson & Murray, (1984). Sin embargo Díaz Rodríguez & Torrecillas, (2002) recomiendan incluirlas en el grupo de materiales arcillosos con un elevado contenido en alúmina, que normalmente sufren un tratamiento térmico previo antes de tener una aplicación cerámico-refractaria. Así, la norma española UNE-61-001-75 clasifica los refractarios aluminosos atendiendo a su composición química (% en peso de Al_2O_3) en las siguientes categorías:
 - ✓ $Al_2O_3 = 43-45 \%$;
 - ✓ $Al_2O_3 = 41-43 \%$;
 - ✓ $Al_2O_3 = 39-41 \%$;
 - ✓ $Al_2O_3 = 35-39 \%$;
 - ✓ $Al_2O_3 = 30-35 \%$.

En la tabla 3 se puede observar las características, propiedades y composición química y mineralógica de algunas arcillas utilizadas como materia prima en España.

Tabla 3. Características de algunos de los tipos de arcillas de aplicación cerámica en España.

Propiedades	China Clay (1)	Arenas Caoliníferas(2)	Ball Clay (3)	Fire Clay (4)
2 micras (%)	39	54.9	65	70.2
Caolinita (%)	74	73	95	75
Mica (%)	20	3	<5	10
Cuarzo (%)	-	4	<5	10
Feldespatos (%)	6	20	-	<5
SiO ₂ (%)	51	47	45.5	54.5
Al ₂ O ₃ (%)	36	39	38.57	27.21
Fe ₂ O ₃ (%)	0.72	0.48	0.49	1.57
TiO ₂ (%)	0.02	0.12	0.6	1.08
CaO (%)	0.05	0.1	0.42	0.26
MgO (%)	0.23	0.07	-	0.67
K ₂ O (%)	1.3	0.29	0.5	3.73
Na ₂ O (%)	0.03	0.14	0.02	0.38
Ppc (%)	11.3	12.8	13.51	10.58

(1) ECESA (Burela, Lugo)

(2) CAOBAR S.A. (Poveda de la Sierra, Guadalajara)

(3) Cuenca de Tuy (Pontevedra) (39)

(4) Llano (pantano del Ebro, Cantabria)

Fuente: Díaz Rodríguez & Torrecillas, (2002)

Especificaciones técnicas del caolín

Una de las principales especificaciones de caolín cerámico concierne a la presencia de minerales que puedan afectar el color de quemado del cuerpo cerámico. El principal problema es el óxido de hierro, pero un contenido significativo de cobre, cromo y manganeso también es perjudicial. Tales impurezas producen manchas cuando el cuerpo cerámico es quemado (Coordinación General de Minería, 2014). En la tabla 4 se muestra la composición química teórica y de tres diferentes sitios de caolines (arcillas de cocción blanca) procedentes de España, los cuales son utilizados en la fabricación de pasta blanca.

Tabla 4. Composición química de caolines españoles utilizados para la fabricación de baldosas de pasta blanca (% en peso).

Procedencia	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P.P.C.
Higueruelas	66.2	24.4	0.26	0.22	0.1	0.15	0.09	0.96	7
Villar									
La Yesa	52.9	33.5	0.43	0.12	0.1	0.1	0.39	0.55	11.5
Teórico	46.5	39.5	--	--	--	--	--	--	14

Fuente: Instituto de Tecnología Cerámica, (2019)

4.2.1.3. Clasificación industrial de las arcillas

Según Fernández, García, Lombardero, Sánchez, & Regueiro, (2002) y su posterior modificación por parte del Instituto Tecnológico Geominero de España, las arcillas

industriales se pueden clasificar en función de parámetros tales como: el índice de plasticidad y su composición química (contenido de carbonatos, óxido de hierro, óxido de aluminio). Y en función de ello define sus principales aplicaciones en la preparación de pastas cerámicas, tal como se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 7. Clasificación industrial de las arcillas.

Grupo	Denominación	Características	Aplicaciones Principales
Grupo 1 Arcillas de cocción blanca	Ball Clays	CaO+MgO<2.5% Fe ₂ O ₃ <3%	Arcillas con cierto carácter refractario. Baldosas de pasta blanca y porcelana sanitaria. Gres porcelánico
Grupo 2 Arcillas montmorilloníticas	2.1 No calcáreas	CaO+MgO<2.5% Esmectitas como mineral accesorio de la fracción arcilla, siendo ésta de media a alta.	Utilización en la preparación de pastas par pavimento y revestimiento poroso, como componente minoritario para aumentar la plasticidad de las mismas.
	2.2 Calcáreas	CaO+MgOε2.5% Esmectitas como mineral accesorio de la fracción arcilla, siendo ésta de media a alta.	
Grupo 3 Arcillas margosas	3.1 Contenido alto de Carbonatos o tipo Araya	CaO+MgO≥17.5%	Su variable contenido en carbonatos les confiere buenas características como componentes mayoritarios en pastas de revestimiento poroso. Las tipo Chulilla pueden utilizarse en pasta para gres como componente minoritario.
	3.2 Contenido medio de Carbonatos o tipo Mass Vell	10%≤CaO+MgO<17.5%	
	3.3 Contenido bajo de Carbonatos o tipo Chulilla	2.5%≤CaO+MgO<10%	
Grupo 4 Arcillas no margosas	4.1 Arcillas plásticas	CaO+MgO<2.5% Al ₂ O ₃ ≥19% IP≥25	Forman parte de la formulación de pastas para gres en porcentajes elevados (hasta 70% en algunos casos). Se mezclan arcillas con diferente IP y materias desgrasantes hasta obtener el comportamiento óptimo de la pasta en crudo y en cocido.
	4.2. Arcillas poco plásticas (incluye la tipo Moró)	CaO+MgO<2.5% Al ₂ O ₃ <19% IP<25	
Grupo 5 Arcillas especiales	Caolín	Presencia de kanditas como minerales principales de la fracción arcilla, siendo ésta alta.	Las aplicaciones industriales de estas arcillas no son la cerámica, sino como absorbentes, cargas, refractarios, etc.
	Paligorskita – attapulgita	Presencia de paligorskita como mineral principal de la fracción arcilla, siendo ésta alta.	
	Bentonita	Presencia de esmectitas como minerales principales de la fracción arcilla, siendo ésta alta.	
	Sepiolita	Presencia de sepiolita como mineral principal	

Fuente: Fernández, García, Lombardero, Sánchez, & Regueiro,(2002)

4.2.2. Materias primas no plásticas o desgrasantes

Las materias primas no plásticas en la industria cerámica plana están representados básicamente por sílice, feldespatos, talcos y carbonatos. Las funciones que desempeñan en la pasta cerámica son las siguientes, (ver cuadro 8):

Cuadro 8. Funciones de las materias primas no plásticas en la pasta

	Funciones
Materias primas no plásticas (sílice, feldespatos, talco, carbonatos)	<ul style="list-style-type: none">• Mejora la permeabilidad• Mejora la compacidad• Reduce la contracción de secado• Formación de fases vítreas• Formación de fases cristalinas• Modifican las expansión térmica• Proporcionan textura• Opacificante

Elaborado por: Guajala, 2020

4.2.2.1. Feldespato y Sienita Nefelina

Los feldespatos y la sienita nefelina proveen álcalis que actúa como un fundente bajando la temperatura de fundición de un vidrio o mezcla cerámica, lo que acelera la fundición y ahorra combustibles. También mejora la trabajabilidad o facilita la manipulación de la masa fundida de vidrio bajando su viscosidad, e imparte tenacidad al vidrio, haciéndolo más resistente a la fractura (Ministerio de Energía y Minería, 2017).

La alúmina presente en la sienita nefelina aumenta la resistencia al rayado y fractura, mejora resistencia térmica, e incrementa la durabilidad química. El bajo contenido de hierro provee la necesaria blancura al producto en polvo que se utiliza para la fabricación de vidrios claros y otros usos como fibras de vidrio, extendedor o dispersante de pigmentos, y carga (Ministerio de Energía y Minería, 2017).

Se observa una menor cantidad de hierro en el feldespato alcalino dentro de la sienita nefelina. La concentración de hierro son frecuentemente más altas en la sanidina que en la ortoclasa y microclina, el cual contiene normalmente <0,2% Fe. El hierro contenido está relacionado con la temperatura del magma.

La sienita nefelina tiene una alta resistencia y una excelente resistencia a los agentes climáticos, lo cual la hace útil en la industria de la construcción. La blancura y el brillo son considerados como una de sus mejores propiedades para cerámica. La tabla 5 resume las otras propiedades de la nefelina y los feldespatos (Ministerio de Energía y Minería, 2017).

Tabla 5. Propiedades físicas y químicas de los feldespatos y nefelina

Mineral	Fórmula Química	Índice de Refracción	Peso Específico	Dureza Mohs
Ortoclasa	KAlSi ₃ O ₈	1.52	2.57	6
Microclina	KAlSi ₃ O ₈	1.53	2.54–2.57	6
Albita	NaAlSi ₃ O ₈	1.53	2.62	6
Anortita	CaAl ₂ Si ₂ O ₈	1.58	2.75	6
Nefelina	(Na, K)AlSiO ₄	1.54	2.6–2.65	5.5-6

Fuente: Society of Mining, Metallurgy and Exploration, Inc., (2013)

4.2.2.2. Especificadores técnicas del feldespato de grado cerámico

El feldespato que se utiliza como fluidificante en la producción de cerámicos requiere un nivel de molienda inferior a malla 200, libre de calcita y un porcentaje de retención sobre tamiz no mayor del 1,5% al 2% (Ministerio de Minería, 2016).

En la fabricación de vajilla, el contenido máximo de óxido de hierro es del 0.1%. Las especificaciones químicas son menos rígidas en el caso de esmaltes, pisos, etc. (ver tabla 6).

Tabla 6. Calidades y especificaciones para el feldespato “grado cerámico”

	Cerámica NC-4 %	Cerámica C-6 %	Cerámica G-200 %	Cerámica K-200 %
SiO ₂	68.15	68.70	67.00	67.10
Al ₂ O ₃	10.00	19.50	18.30	18.30
Fe ₂ O ₃	0.067	0.07	0.08	0.07
CaO	1.60	0.90	1.02	0.36
MgO	Indicios	Indicios	Indicios	Indicios
K ₂ O	4.00	4.10	10.50	10.10
Na ₂ O	7.00	7.20	2.85	3.80
LOI	0.10	0.25	0.20	0.26

Fuente: INGEMMET, (2010)

Clasificación de los tipos tecnológicos de mena en feldespatos

Las rocas ígneas siálicas tanto intrusivas como extrusivas son las que poseen por lo general un porcentaje mayor de feldespatos potásicos. Para la clasificación de una roca ígnea (Peccerillo & Taylor, 1976) proponen un diagrama donde se enfrentan los porcentajes en peso del contenido de sílice (SiO₂) en el eje (x) y el óxido de potasio (K₂O)

en el eje (y). Además proponen la discriminación de series tholeiíticas, calcoalcalinas y shoshoníticas en dicho diagrama, ver figura 2.

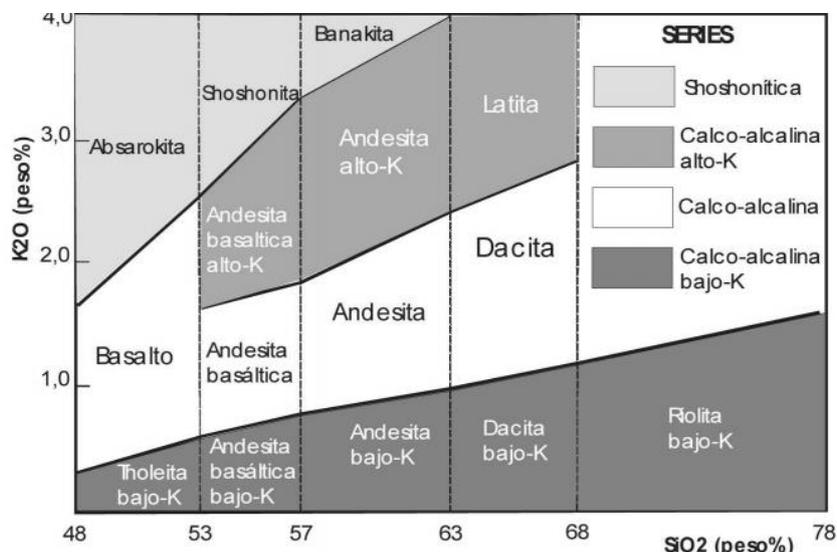


Figura 2. Diagrama K₂O vs. SiO₂ (en peso%) mostrando las tendencias evolutivas mayores, correspondientes a las series: shoshonítica, calco-alcalina alta en potasio, calco-alcalina y baja en potasio
Fuente: Wilson, (1991)

Los contenidos de Na y K del feldespato permiten considerarlo entre potásico y sódico – potásico, según la clasificación de los feldespatos y feldespatoides propuesta por Barba et al., (1997). Para la materia prima recolectada en campo y en función de los análisis químicos de las mismas Laverde et al.,(2004) proponen una clasificación en función del contenido en porcentaje de K₂O, a fin de determinar tipos de mena concerniente a feldespatos, ver tabla 7.

Tabla 7. Clasificación de los tipos tecnológicos de mena

Tipo de mena	Contenido de K ₂ O
I	K ₂ O < 3%
II	3% < K ₂ O < 4%
III	4% < K ₂ O

Fuente: Laverde et al., (2004)

4.2.2.3. Sílice

Según el Instituto de Tecnología Cerámica, (2019) Se define como un silicato con estructura cristalina tridimensional en armazón cuya composición química contiene silicio como catión y responde a la fórmula química SiO₂. Existen diferentes especies,

todas con geometría tetraédrica. La forma más estable a presión y temperatura ambiente es el cuarzo alfa (α - Cuarzo).

Las funciones del cuarzo como materia prima son las siguientes:

- Reduce la plasticidad
- Disminuye la contracción de secado y cocción
- Aumenta la densidad aparente en crudo
- Reduce el tiempo de secado
- Disminuye, normalmente, la resistencia mecánica en seco y en cocido
- Aumenta la refractariedad
- Aumenta el coeficiente de dilatación

Algunos criterios para su elección son:

- Bajo contenido en óxidos colorantes
- Bajo contenido en impurezas (carbón, piritas, etc.)
- Tamaño de partícula adecuado.

4.2.2.4. Carbonatos

Usos cerámicos

Las calizas y la dolomita son materias primas fundamentales para la producción de materiales cerámicos de baja contracción, por lo tanto, para bizcochos porosos de revestimiento, baldosas esmaltadas y productos de monococción, para pavimentos y revestimientos (monococción porosa). En el bizcocho, su presencia (limitada en todo caso al 20/22 y al 14/16%) permite la fabricación de soportes con valores de absorción ideales (particularmente para el esmaltado) y prácticamente sin contracción (o con una contracción máxima del 0.5~0.6%). Esta última característica ha permitido adoptar, en el pasado, una tecnología de cocción sobre altas pilas, la cual, en el caso de una contracción en cocido demasiado elevada, no hubiera sido practicable (Asociación Española de Técnicos Cerámicos, 2004, p.116).

En la monococción del revestimiento se utiliza (como corrector de las arcillas calcáreas naturales), un porcentaje de CaCO_3 de hasta 12-15%, el cual

proporciona, gracias a la formación de los silicatos cálcicos y magnésicos, una escasa tendencia a la contracción en cocido de las baldosas (<1%); su presencia, en cambio, complica la planificación y gestión en la cocción (sobre todo en el precalentamiento) de los esmaltes, ya que la reacción de disociación térmica de los carbonatos provoca el desprendimiento de CO₂, que no debe llegar a alterar la capa de esmalte, atravesándola sin dificultad y sin formar pinchados (Asociación Española de Técnicos Cerámicos, 2004, p.117).

4.3. Distribución granulométrica

Una materia prima compuesta de partículas de diferentes dimensiones y varias formas puede ser considerada un sistema particulado: la distribución del tamaño de los granos en este sistema es de gran importancia, pero resulta extremadamente difícil medirla.

Sin embargo, también se sabe que en los cuerpos cerámicos y en las materias primas mismas estas micelas se encuentran en forma de agregados y aglomerados, por lo que resulta extremadamente difícil aislarlas de forma libre (Asociación Española de Técnicos Cerámicos, 2004, p.176).

En todo caso, la clasificación de los polvos se expresa de acuerdo la clasificación de malla ASTM (EE.UU.), cuya equivalencia se presenta a continuación (tabla 8):

Tabla 8. Clasificación de malla ASTM y su equivalencia.

MALLA A.S.T.M.	MICRÓMETROS (µm)	MALLAS / cm ²
5	4000	3
6	3350	4
7	2800	6
8	2360	9
10	2000	11
12	1700	14
14	1400	19
16	1180	26
18	1000	35
20	850	50
25	710	75
30	600	100
35	500	140

Tabla 8. (Continuación) Clasificación de MALLA ASTM y su equivalencia.

40	425	200
45	355	270
50	300	380
60	250	590
80	180	1100
100	150	1600
120	125	2400
170	90	4700
200	75	6200
230	63	9500
270	53	12350
325	45	18200
400	38	26000

Fuente: Asociación Española de Técnicos Cerámicos, (2004)

4.4.La importancia de los límites de Atterberg en el estudio de los materiales arcillosos

Los límites de Atterberg están directamente relacionados con la cantidad de agua que contiene un material y la cual 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. Existe una estrecha relación entre los límites y las características físicas y tecnológicas de un material específico (Sembenelli, 1966). Esto se ha podido demostrar gracias al trabajo de A. Casagrande, en base a la investigación de Atterberg.

4.4.1. Significado de límites de Atterberg para la industria cerámica y de los ladrillos

Según Sembenelli (1966), el diagrama de la plasticidad propuesto por Casagrande sirve para representar e interpretar los límites de Atterberg, para lo cual brinda las siguientes indicaciones para su correcta utilización:

En el diagrama de plasticidad (figura 3) 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, $P_i = LL - PL$. 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.

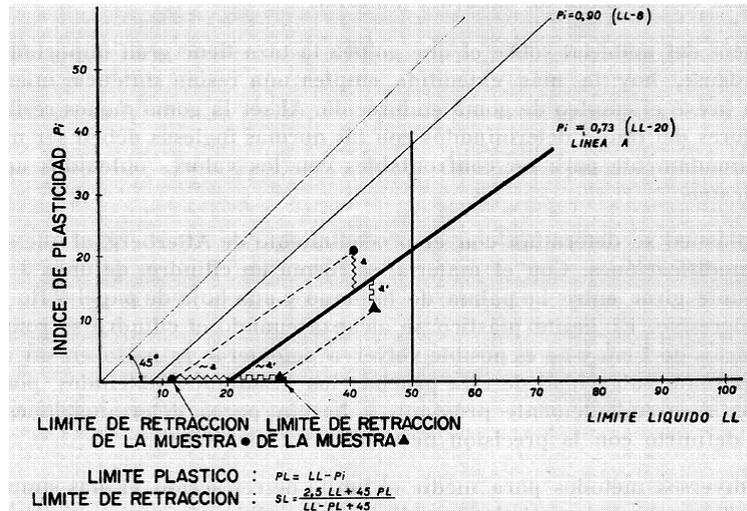


Figura 3. Diagrama de plasticidad: líneas características
Fuente: Casagrande, (1932)

La recta de la ecuación $P_i = 0,90 (LL - 8)$ 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 $P_i = 0,73 (LL - 20)$ 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.

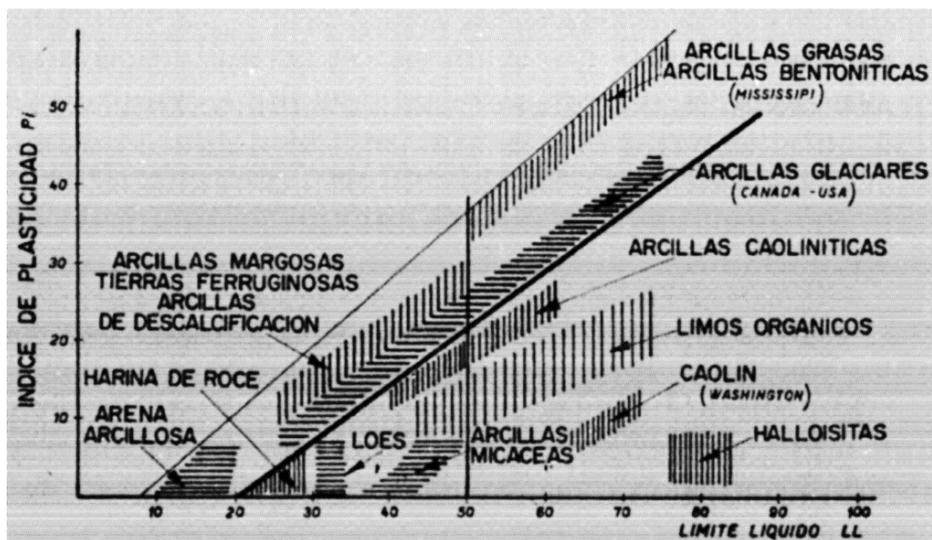


Figura 4. Diagrama de plasticidad: zonas típicas para algunas arcillas de plasticidad muy elevada y para la turba.

Fuente: Casagrande, (1932)

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 la figura 4, en el cual se señalan las zonas en las que recaen las arcillas que se encuentran con más frecuencia.

4.5. Proceso Cerámico

El proceso cerámico consta de cinco etapas (figura 5):

- La selección y preparación de las materias primas
- La preparación del cuerpo cerámico, que consiste en la preparación de la mezcla, homogenización y amasado
- El moldeado, que puede hacerse por varios procedimientos
- El secado
- 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)

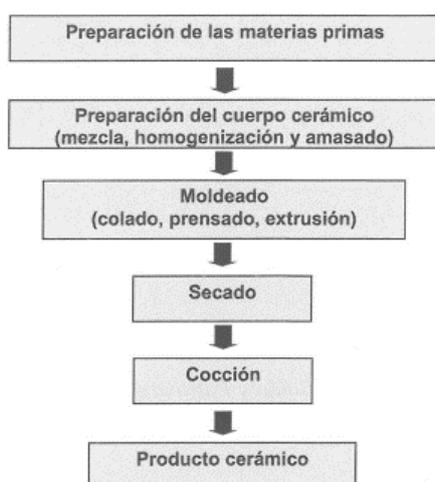


Figura 5. Fases del proceso cerámico
Fuente: (Galán & Aparicio, 2000)

4.6. Criterios para la elección de las materias primas cerámicas

La elección de una materia prima depende en esencia de:

- El producto que se desea, y
- 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 (figura 6). Para materiales estructurales apenas existen limitaciones. La composición admitida es muy amplia y la disponibilidad también. Pero para ciertos refractarios (alta alúmina, sílicoaluminosos, de circonio o cromo), o para porcelana artística las materias primas necesarias son escasas y caras (Galán & Aparicio, 2005).

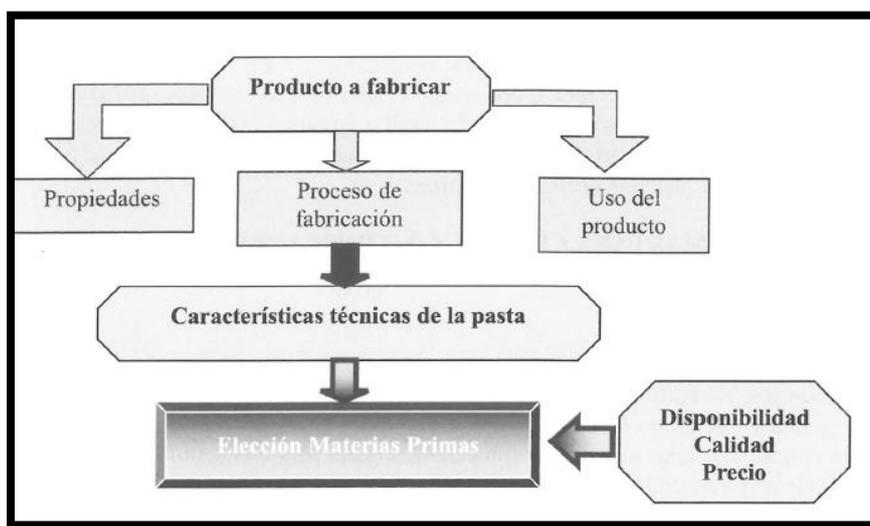


Figura 6. Criterios para la elección de la materia prima cerámica
Fuente: Galán & Aparicio, (2000)

4.7. Control de calidad de materias primas

Según Blin, (1967) es conocido que la proporción de sílice libre (cuarzo) es muy variable en las arcillas y que tiene una influencia determinante sobre muchas características tecnológicas tales como:

- Modificación de la aptitud al colaje de las barbotinas
- Variación del tiempo de endurecimiento en los moldes y del tiempo de desmoldeado
- Grietas debido a las variaciones de tixotropía
- Poca duración de los moldes, etc.

En la figura 7 se muestran los ensayos que generalmente se aplican a las materias primas no metálicas en función del artículo final que se desea obtener

ENSAYOS	ARTICULOS						
	Loza	Azulejos	Sanitario	Baldos de gres	Tubos de gres	Porcelana	Refractario
MATERIAS ARCILLOSAS							
Análisis químico.....	x	x	x	x	x	⊕	⊕
Pérdida al fuego.....	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Plasticidad.....	⊕	—	—	—	x	⊕	—
Aptitud al colado.....	⊕	—	⊕	—	—	⊕ (1)	—
Granulometría.....	x	—	x	—	⊕	—	x
Resistencia mecánica...	⊕	x	⊕	x	⊕	⊕	—
Contracción.....	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Cocción.....	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Porosidad.....	x	x	⊕	⊕	⊕	x	x
Deformación.....	x	x	⊕	⊕	⊕	x	—
Dilatación.....	⊕	⊕	⊕	—	x	—	x
Resistencia pirosfópica.	—	—	—	—	—	—	⊕
Fundentes feldespáticos							
Análisis químico.....	x	x	x	x	x	⊕	—
Cocción.....	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	—
Fusibilidad.....	x	x	⊕	⊕	⊕	⊕	—
Granulometría.....	x	x	⊕	x	x	x	—
Silice (s) y chamota (c)							
Análisis químico.....	(s)	(s)	(s) (c)	(s)	(c)	(s)	(s) (c)
Granulometría.....	⊕	⊕	⊕	x	⊕	x	⊕
Cocción.....	⊕	⊕	⊕	x (3)	⊕	⊕	⊕
Dilatación.....	⊕	⊕	⊕	⊕	—	—	⊕
Permeabilidad.....	—	—	—	x	—	—	x

(1) Según el tipo de porcelana. ⊕ Ensayo fundamental.
 (2) Según la resistencia pirosfópica. x Ensayo auxiliar.
 (3) En presencia de esmalte.

Figura 7. Ensayos correspondientes a las materias primas.
Fuente: Blin, (1967) Control de Calidad en la industria cerámica.

4.8. Base de datos

Las bases de datos que permiten el almacenamiento y tratamiento de información geográfica se denominan bases de datos espaciales o geográficas (Blasby, 2007) la necesidad de manejar tanto datos descriptivos como geométricos de forma integrada, ha conllevado a la evolución de los Sistemas Gestores de Bases de Datos (SGBD) a través de la incorporación de extensiones que soporten los datos espaciales (Gutiérrez, 2006). Algunas extensiones para el trabajo con estas bases de datos son: ESRI ArcSDE, Oracle Spatial, IBM DB2 Spatial Extender, Informix Spatial DataBlade, MS SQL Server, Geomedia (MS Access), PostGIS (Blasby, 2007) y SpatiaLite (Picavet, 2010).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

Los materiales utilizados se dividen en materiales de campo, oficina y laboratorio, los cuales se detallan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Materiales de campo, oficina y laboratorio

MATERIALES DE CAMPO	MATERIALES DE OFICINA
GPS Garmin, modelo eTrex 10 Martillo geológico Brújula geológica Brunton, Libreta de campo Cartas topográficas del área de estudio, escala 1:50000 Cartas geológicas del área de estudio, escala 1:100000 HCl al 10% Cámara fotográfica Lupa 30x Lápices de colores Flexómetro	Computador portátil Microsoft Excel 2013 Microsoft Office 2013 Software Libre QGIS Software ArcGis Software Libre SedLog Software Libre PetroGraph Software Google Earth
MATERIALES DE LABORATORIO:	
Materiales para determinar el límite líquido, Norma ASTM 4318	Materiales para determinar el contenido de humedad, Norma ASTM D2216-7.
Tamiz N° 40 Mortero de silicón Balanza de precisión Aparato de Casagrande Estufa Espátula de acero flexible Acanalador de bronce o de acero inoxidable Capsulas de aluminio	Balanza de precisión. Recipientes metálicos. Estufa a 110 °C.
	Materiales para determinar el límite líquido Norma ASTM 4318
	Balanza de precisión Estufa Cerámica plana de 30 cm x 30 cm Capsulas de aluminio Espátula
Materiales para determinar la composición granulométrica, Norma AASHTO T-27	Materiales para determinar la contracción lineal en seco y por quema (REF. ASTM C326-03)
Balanza, capacidad 2 Kg min. Estufa Tamices: 1”; 3/4”; 1/2”; 3/8”; No. 4; No. 10; No. 40, No. 200 Bandejas 60 cm x 60 cm x 5 cm Bandeja, 20 cm x 12 cm x 7 cm para secar muestras. Brocha, cepillo metálico fino. Brocha, pelo fino. Rociador de agua. Cucharetas Lona, o bandeja, o superficie plana y limpia para cuartear o mezclar material. Reloj, contador de minutos con alarma. Cuarteadores Tamizador mecánico	Tamiz No. 200 Moldes de madera para preparación de placas. Horno de resistencias con control de temperatura. Platillos de aluminio y/o bandejas. Mortero Jarras metálicas o plásticas de 1000 ml Calibrador Vernier.
	Materiales para determinar el porcentaje de humedad retenida y pérdidas por ignición (L.O.I.)
	Balanza electrónica con presión de 0.01 g Tamiz ASTM # 200. Moldes de madera para placa cuadrada Horno con controlador de temperatura.

Elaborado por: Guajala, 2020

5.2. Metodología

La metodología utilizada y la secuencia de cada una de las etapas del presente trabajo investigativo se describe en la figura 8.

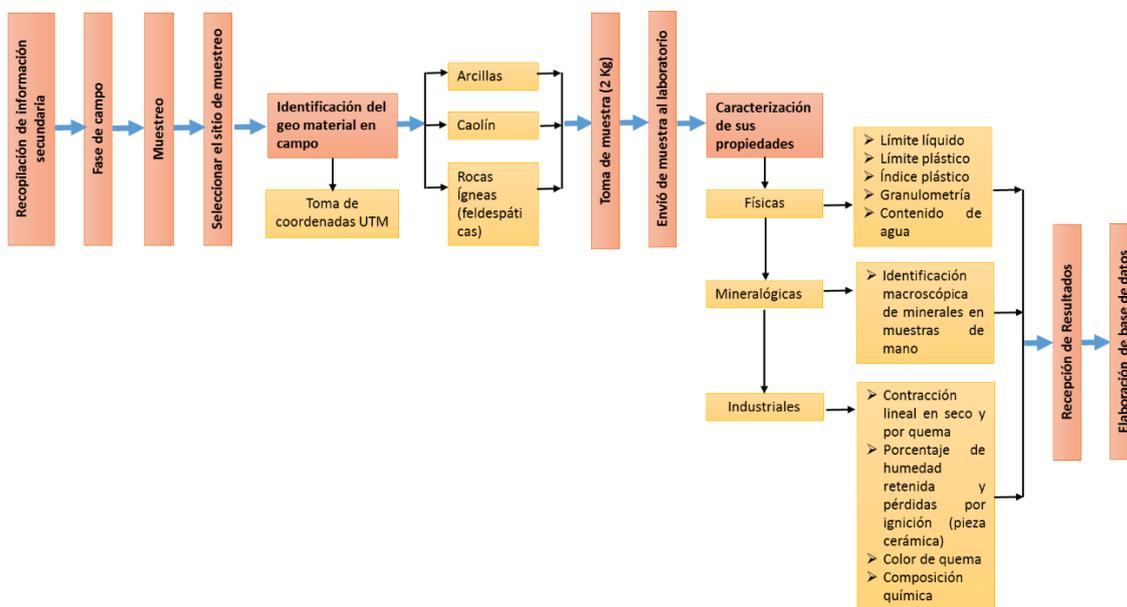


Figura 8. Diagrama de la metodología empleada en la investigación
Elaborado por: Guajala, 2020

5.2.1. Metodología para el primer objetivo

“Describir geológicamente las materias primas no metálicas de interés en el área de estudio”.

Recopilación de información secundaria

Se recopiló 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) siendo estudios regionales; libro de Geología y Yacimientos Minerales del Ecuador de A. Paladines y J. Soto.; Zonificación Mineralogénica del Ecuador de A. Paladines y G. Rosero; tesis de grado de sitios puntuales. Así como los mapas geológicos del área de estudio, ver cuadro 10.

Cuadro 10. Cartas geológicas del área de estudio.

Insumo	Número de hoja	Escala	Fuente	Año
Mapa Geológico de la República del Ecuador		1:1000000	INIGEMM	2017
Mapa de indicios minerales no metálicos del Ecuador		1:1000000	INIGEMM	2011
Hoja geológica de Loja	56	1:100000	INIGEMM	2017
Hoja geológica Gonzanamá	57	1:100000	INIGEMM	2017
Hoja geológica Las Aradas	58	1:100000	INIGEMM	2017
Hoja geológica Saraguro	55-D	1:50000	INIGEMM	2017
Hoja geológica Saraguro	55	1:100000	Dirección General de Geología y Minas (DGGM), and Institute of Geological Sciences, London (IGS).	1973
Hoja geológica Nabón	55-B	1:50000	INIGEMM	2017

Elaborado por: Guajala, 2020

Además la información de concesiones que extraen material no metálico “arcillas”, proporcionado por la base de datos del catastro minero de la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM).

Los sitios determinados en aquellos trabajos investigativos previos y catalogados por dichos autores como sitios de interés, fueron georeferenciados mediante la utilización del Software ArcGis, para su posterior visita y corroboración de la información en campo.

Teledetección

Se utilizó imágenes Landsat de del software Google Earth del año 2019, las misma que permitieron interpretar litologías y ubicar zonas potenciales de posibles arcillas, caolín y feldespatos y de esta manera orientar de manera efectiva el trabajo de campo. Se interpretó hojas topográficas para delimitar e interpretar posibles fallas, contactos y litologías para su posterior corroboración en campo de lo interpretado

Fase de campo

En esta fase se realizó la corroboración de la información recopilada en la etapa anterior, mediante la literatura bibliográfica analizada, catastro minero de ARCOM y la teledetección, donde se acudió a aquellos sitios catalogados como de interés y propicios para la prospección geológica de minerales no metálicos. Lo cual se hizo mediante la descripción de afloramientos en campo mediante la utilización de la ficha realizada para el efecto, ver cuadro 11.

Cuadro 11. Ficha para la descripción de afloramientos.

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

Elaborado por: Guajala, 2020

En el levantamiento de la información geológica se tomó en cuenta características geomorfológicas del terreno como es el tipo de relieve sobre el que se asienta el afloramiento, la descripción de los mismos se la hizo en taludes en los márgenes de las vías, así como cortes naturales del terreno, tomando nota de los elementos estructurales de las rocas como es el rumbo y buzamiento; las dimensiones como largo, ancho y altura del afloramiento en conjunto, y 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.

5.2.2. Metodología para el segundo objetivo

“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”

Una vez identificadas las muestras de interés potencial, estas se recolectaron en fundas herméticas, con un peso aproximado de 2 Kg, las cuales fueron etiquetadas y codificadas para su posterior análisis en el laboratorio.

Se tomaron un total de 25 muestras, en los diferentes sectores del área de estudio, lo cual se detalla en la tabla 9.

Tabla 9. Muestras tomadas en el área de estudio.

Código	x	y	z	Sector
LJ-R-1	690890.00	9535048.00	1536.00	Malacatos- San Francisco
LJ-R-10	698785.00	9564032.00	2162.00	Loja - Amable María
LJ-R-11	667472.00	9577384.00	1672.00	El Cisne - Ambocas
LJ-R-19	694887.00	9577703.00	2027.00	Loja - Las Juntas
LJ-R-2	692287.00	9537627.00	1836.00	Malacatos -San Francisco
LJ-R-20	694592.00	9520053.00	1986.00	Quinara
LJ-R-24	697007.00	9576142.00	1985.00	Loja - Las Juntas
LJ-R-3	701184.00	9558216.00	2262.00	Loja- Las Palmeras
LJ-R-4	700971.00	9558630.00	2234.00	Loja -El Calvario
LJ-R-5	691650.00	9568798.00	2481.00	Loja - Cera
LJ-R-6	691276.00	9569123.00	2429.00	Loja - Cera
LJ-R-7	693606.00	9568778.00	2577.00	Loja - Salapa Alto
LJ-R-9	676143.00	9577352.00	2402.00	El Cisne - Ceredario
SR-R-12	697969.00	9615735.00	1822.00	Saraguro - El Tablón
SR-R-13	702423.00	9613184.00	2725.00	Saraguro -San Antonio de Cumbe
SR-R-14	703118.00	9611130.00	2906.00	Saraguro -El Tablón
SR-R-15	700001.00	9602999.00	2831.00	Saraguro -Urdaneta
SR-R-16	702220.00	9605632.00	3013.00	Saraguro -Urdaneta
SR-R-17	703170.00	9600116.00	2267.00	Saraguro -Urdaneta
SR-R-18	693966.00	9596713.00	2896.00	Saraguro -Saraguro
SR-R-21	674681.00	9628475.00	1283.00	Saraguro -Yúluc
SR-R-22	704256.00	9614806.00	2384.00	Saraguro -El Tablón
SR-R-25	692944.00	9600676.00	2802.00	Saraguro -Tenta
SR-R-7	683870.00	9627490.00	1129.00	S Saraguro -Sumaypamba
SR-R-8	686995.00	9601058.00	2669.00	Saraguro -Tenta

Elaborado por: Guajala, 2020

5.2.2.1. Metodología para caracterizar las propiedades físicas

Las muestras catalogadas como potenciales, específicamente las muestras de material arcilloso y sílice, se les realizó ensayos como el contenido de agua, límite líquido, límite

plástico, índice plástico, granulometría, y su respectiva clasificación SUCS y AASHTO, acorde a la Norma ASTM D 4318, AASHTO T-27, las cuales fueron analizadas en el Laboratorio ICCV, de la ciudad de Zamora, su metodología, procedimiento y fórmulas empleadas se detallan a continuación.

Límites de Atterberg:

Límite líquido, Norma ASTM D 4318

Se define como el contenido de agua necesario para que la ranura de un suelo ubicado en el equipo de Casagrande, se cierre después de haberlo dejado caer 25 veces desde una altura de 10 mm, a la velocidad de 2 golpes por segundo.

Preparación de la muestra

El presente ensayo se lo realizó con el material que pasó el tamiz No. 40, luego se procede a realizar el cuarteo y se utilizan unos 400g de material, el cual debe poseer una consistencia homogénea para dar inicio al ensayo en la copa de Casagrande.

Procedimiento:

- Se toman 50 g de muestra y se coloca en una cápsula de silicón.
- Se humedece el material con agua destilada y se deja reposar por durante una hora
- Se va incrementando la cantidad de agua, tomando en cuenta que la masa adquiera un estado que consideremos plástico y así obtener una masa manejable para que pueda adherirse con facilidad a la copa de casa grande.
- Se coloca una fracción de la muestra homogénea en la copa de Casa Grande, observando que esta tenga un espesor de 1 cm en el centro. Colocamos la muestra en la copa de casa grande para realizar un corte central con el ranurador, este corte debe ser de arriba hacia abajo.
- Una vez cortada la masa se dan los golpes necesarios; considerando aquellos de 20-30, logrando que esta se cierre al tener un diámetro de 12.7 mm
- Luego de medir la unión de la masa, se divide con la espátula y se coloca en la capsula; inmediatamente se pesa y la coloca en la estufa a una temperatura de entre 105 y 110 C°.

- Se realiza la misma operación cuatro veces, utilizando contenidos crecientes de agua, procurando que el número de golpes requeridos para el cierre de la muesca sean, uno mayor y otro menor de 25 golpes.

Cálculo

Para el cálculo de la humedad se utiliza la siguiente fórmula:

$$H = \frac{p1-p2}{p2-pc}$$

Donde:

p1= peso de la capsula más la porción de pasta de suelo húmedo

p2= peso de la capsula más la porción de pasta de suelo seco

pc= peso de la capsula

En un sistema de coordenadas rectangulares se ubica en el eje (x) el número de golpes en escala logarítmica y en el eje (y) el porcentaje de humedad. Se colocan los 4 puntos obtenidos, los cuales deberían estar alineados y se traza una línea recta que trate de abarcar a estos puntos. En el punto correspondiente a aquel en que esta recta corta a la perpendicular trazada a las abscisas por el punto N° 25, se lee el valor del Límite Líquido.

Se calcula el valor del límite líquido, mediante la siguiente expresión:

$$LL = \%W \left(\frac{\text{número de golpes}}{25} \right) 0.1$$

El valor final del LL es resultado de un promedio entre los 4 ensayos de cada una de las muestras.

Límite plástico, Norma ASTM D 4318.

El límite plástico se define como el contenido de agua al cual un rollo de suelo se agrieta cuando es cuidadosamente enrollado hasta un diámetro de 3.18 mm .Debe fragmentarse en segmentos de 3.0 - 10.0 mm de longitud.

Preparación de la muestra:

Para este ensayo se utiliza el material pasante del tamiz No. 40, se toma alrededor de 20 gr, se agrega agua destilada, se moldea entre los dedos, en un ovoide, luego se amasa hace

rodar entre las palmas de las manos hasta que la humedad de la muestra sea manejable por el operador.

Procedimiento

- Rolar el ovoide entre las puntas de los dedos y la placa de rolado con una presión suficiente como para formar con el suelo un rollo de 3mm de diámetro en 5 a 15 movimientos completos (hacia delante y hacia atrás) de la mano.
- Cuando el rollo de suelo se agrieta y empieza a desmoronarse al llegar a los 3mm, se habrá alcanzado el contenido de agua correspondiente al límite plástico, la que se medirá usando todos los segmentos del rollo.
- Se coloca los segmentos del rollo en un recipiente metálico y se lleva la muestra a la estufa a 110 °C.

Índice de plasticidad

Resulta de la diferencia entre el límite líquido y el plástico, representado por la siguiente expresión:

$$IP = LL - LP$$

Contenido de humedad, Norma ASTM D2216-7

Procedimiento:

- Se toma aproximadamente 150 gr de la muestra y se pesa en la balanza
- Pesar el recipiente metálico
- Secar en la estufa de 110 °C. por el lapso de 24 horas
- Pesar la muestra secada en la estufa.

Cálculo

El porcentaje de humedad se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$w\% = \frac{Wh - Ws}{Ws} * 100$$

Donde:

Wh= Peso de la muestra en su estado natural.

Ws= Peso de la muestra en seco.

Composición Granulométrica, Norma AASHTO T-27

Procedimiento:

- La muestra obtenida por cuarteo se seca en la estufa a una temperatura de 105°C \pm 5°C.
- Después que la muestra esta seca a peso constante, se retira del horno y se pesa.
- Una vez estabilizado el peso se debe anotar este valor como peso total de la muestra.
- Luego se desintegran las partículas que no se encuentran sueltas, sin alterar la granulometría de las mismas
- Pesar cada uno de los tamices vacíos, para posteriormente obtener la diferencia con la masa que será retenida en cada uno de ellos.
- Después se ordena el juego de tamices del mayor al menor. (3/4, 3/8, N°4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, N° 200.
- Colocar la muestra de suelo en el primer tamiz (3/4) lo tapamos y seguidamente colocar en la tamizadora la misma que agitara la muestra por el lapso de 20 minutos.
- Se recoge la muestra de suelo que quedo en cada tamiz a la misma que se codifica con el número del tamiz correspondiente.
- Se pesa el material retenido en cada uno de los tamices.
- Se debe vaciar la muestra en un envase lo suficientemente grande y agregar agua hasta cubrir la muestra, para que las partículas finas queden suspendidas en el agua.
- Luego se agita manualmente y evitando ocasionar Pérdidas del material.
- Se coloca un tamiz # 4 (4.75 mm) sobre un tamiz # 200 (0.074 mm) para separar los agregados gruesos y así proteger la fina malla del tamiz # 200 (0.074 mm).
- Agitar la muestra y remover para que los finos queden en suspensión en el agua y luego verterla sobre los tamices. Evitando en lo posible la pérdida de material.
- Se añade agua limpia al envase que contiene la muestra, se agita nuevamente la muestra y se repite el vaciado del agua sobre los tamices.
- Se repite este proceso añadiendo agua limpia al envase con la muestra, hasta que el agua salga limpia y clara al agitarla

- El material retenido sobre los tamices será colocado en un recipiente adecuado, junto con la muestra lavada utilizando para esto un frasco lavador, teniendo la precaución de no dejar material adherido en el tamiz.
- Se decanta el agua del recipiente.
- Se seca la muestra en el horno a una temperatura de $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, por un tiempo mínimo de 18 horas.

Cálculos

El % de retenido parcial, se calcula en función al peso total de la muestra (T).

$$\%Ret = \frac{\text{Peso Ret}}{T} * 100$$

Donde:

Peso Ret= peso de la muestra retenida en el tamiz

T= Peso total de la muestra

5.2.2.2. Metodología para caracterizar las propiedades mineralógicas

Las propiedades mineralógicas fueron caracterizadas mediante la identificación macroscópica de las rocas (muestras de mano), en el laboratorio de petrografía de la Universidad Nacional de Loja, donde se identificó: textura, estructura, tamaño de los componentes, minerales macroscópicos, minerales secundarios, alteraciones y grado de meteorización. Dichas características fueron registradas en la ficha elaborada para el efecto y que fue tomada del INIGEMM, ver cuadro 12.

Cuadro 12. Ficha de descripción macroscópica de rocas

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

Fuente: Proyecto Mapeo Geológico, INIGEMM, (2011).

Modificado por: Guajala, 2020

5.2.2.3. Metodología para caracterizar las propiedades industriales

Para la determinación de las propiedades industriales de las muestras recolectadas se realizaron ensayos como: contracción lineal en seco y por quema; porcentaje de humedad retenida y pérdidas por ignición (L.O.I.); color de quema; los mismos que fueron realizados en el laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Loja. Otro parámetro importante a determinar es la composición química mediante fluorescencia de rayos X, los cuales se realizaron en el laboratorio de beneficio de minerales, sala de geoquímica analítica de la Universidad Técnica Particular de Loja

Todos estos parámetros permiten evaluar el comportamiento de las materias primas al someterlas al proceso cerámico, lo cual se detalla a continuación:

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

Propósito: tener los valores de contracción después de secar y quemar, piezas de arcilla, bajo varias condiciones de procesos.

Síntesis: las arcillas contienen tres tipos de agua, las misma que ocupan un espacio en el cuerpo arcilloso (pieza determinada), 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.

Observación: Según la norma ASTM se recomienda usar barras cilíndricas de 19 mm de diámetro y 127 mm de longitud, pero tomando en cuenta métodos usados en los laboratorios de la empresa de cerámica CERART-UTPL, se modificó la forma del espécimen recomendando el siguiente procedimiento.

Procedimiento:

1. Triturar la muestra en el mortero.
2. Tamizar la muestra por el tamiz No. 200 y obtener 100 gramos.
3. Preparar un slurry con un peso específico de $1600 \pm 5 \text{ Kg. /m}^3$ y viscosidad de trabajo mínima.
4. Colocar los 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.
5. Se espera 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.
6. 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 los extremos

longitudinales de la placa con una distancia de 50 ± 1 mm. previamente medidas en el calibrador.

7. Se deja secar a temperatura ambiente por el lapso de 72 horas.
8. Se procede a medir la longitud en los extremos marcados previamente.
9. 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, 15 minutos a una temperatura de 1020 a 1050 °C.
10. 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.
11. Se procede nuevamente a medir los extremos longitudinales marcados y se anotan dichos valores.

Cálculos

Calculo de la contracción lineal en seco como porcentaje de la longitud plástica.

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

Donde:

S_d = % de contracción lineal en seco.

L_p = Longitud plástica del espécimen.

L_d = Longitud seca del espécimen.

Cálculo de la contracción lineal total después del secado y quemado del espécimen cerámico, como porcentaje de su longitud plástica.

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

Donde:

S_t = % de contracción lineal total

L_p = Longitud plástica del espécimen.

L_f = Longitud después de la quema del espécimen.

Además, se puede calcular el factor de contracción, necesario para predecir el tamaño en seco o en quema de la pieza.

$$\text{Factor de contracción} = \frac{L_p}{L_f}$$

Donde:

L_p = Longitud plástica del espécimen.

L_f = Longitud del espécimen de prueba quemado.

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

Propósito: 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 inglés 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 se incineradas 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 de la práctica anterior

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

$$\% \text{ de Humedad Retenida} = \frac{W_w - W_s}{W_w} \times 100$$

Donde:

W_w = Peso húmedo. (g)

W_s = Peso en seco (g)

2. *L.O.I.*

$$L.O.I = \frac{W_s - W_f}{W_s} \times 100$$

Donde:

W_f = Peso después de quema.

L.O.I = % Pérdidas por ignición.

Color de quema

Se utilizó el horno cerámico de la carrera de Artes Plásticas para realizar el proceso de quema de las piezas cerámicas, durante 7 horas, 15 minutos a una temperatura de 1020 a 1050 °C. Luego de este proceso se deja enfriar las muestras y se toma nota de la tonalidad y uniformidad de color obtenido.

Composición química

Posterior, las muestras fueron enviadas al laboratorio de Beneficio de Minerales, Sala de Geoquímica Analítica de la Universidad Técnica Particular de Loja, y fueron sometidas al ensayo de Fluorescencia de Rayos X, empleando el equipo Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X portátil S1 Turbo, marca Bruker. En el cual se determinaron elementos mayoritarios (>1%), minoritarios (<1 a 0.1%) y trazas (ppm).

La fluorescencia de rayos X (FRX), es una técnica en la cual los minerales, dispersos en un vidrio alcalino, se bombardean con una radiación de alta frecuencia y baja longitud de onda, la cual contiene la energía suficiente para inducir una emisión fluorescente, debida a la excitación de los electrones internos de las órbitas de los elementos presentes; estos electrones emitidos por la muestra se recogen por un detector oportuno, y la señal generada se asocia a la posición de la muestra o del detector mismo, estableciendo una

intensidad relativa de señal que se contrasta con la de un patrón (Asociación Española de Técnicos Cerámicos, 2004).

Con estos métodos resultan fácilmente cuantificables los elementos de medio-alto peso atómico, hasta el límite inferior de Na - F, y más recientemente, se han realizado esfuerzos notables para poder obtener una determinación suficientemente repetible también de los elementos hasta el boro (Asociación Española de Técnicos Cerámicos, 2004), ver figura 9.

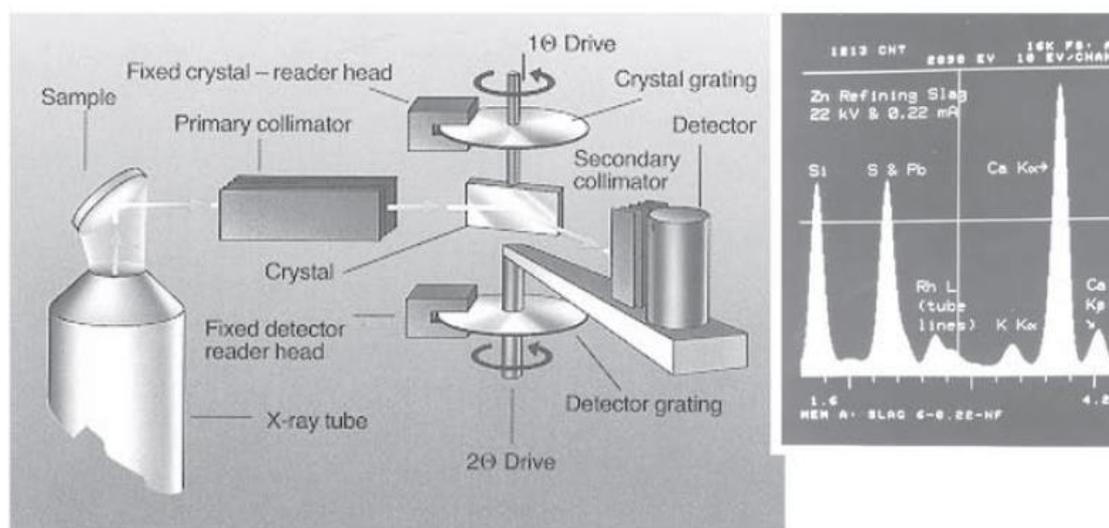


Figura 9. Principio de funcionamiento de la instrumentación para el análisis químico por fluorescencia de rayos X, (FRX).

Fuente: Asociación Española de Técnicos Cerámicos, (2004)

Mediante esta técnica fueron analizadas rocas ígneas con potencial de contener minerales caoliníticos, feldespáticos y también las placas de cerámica que fueron sometidas a quema (arcilla).

5.2.3. Metodología para el tercer objetivo

“Elaborar una base de datos de las materias primas no metálicas en los cantones Loja, y Saraguro.”

Se utilizó el software QGIS para crear una base de datos georeferenciada, que incluye los parámetros físicos, químicos de las muestras analizadas, así como la anexión de otros datos de sitios de interés realizado en trabajos anteriores por otros autores en la zona de estudio. El procedimiento en el software es el siguiente:

1. Abrir el Software QGIS.
2. Ir al menú superior/ Complementos/ Administrar e instalar complementos

3. Escribir en la barra de búsqueda “qgis2web”.
4. Seleccionar y hacer clic en el botón «Instalar complemento»
5. Para activar el complemento; ir al menú superior Web/ qgis2web/ Create web map
6. Al pinchar sobre Create web map se abre la ventana principal del plugin:
7. Una vez configuradas todas las opciones para crear mapas en la web con qgis2web, se pre visualiza el mapa en el panel de la derecha haciendo clic en el botón inferior Update preview.
8. Para crear el mapa web se pulsa el botón Export y se crea la estructura de carpetas que contiene la aplicación web (el archivo index.html y las carpetas que contienen las capas en formato GeoJSON las librerías JavaScript utilizadas y los CSS asociados).

6. RESULTADOS

6.1. Caracterización del área de estudio

6.1.1. Ubicación geográfica

El área de estudio se encuentra ubicada en la región interandina, al sur de los Andes ecuatoriales, en la provincia de Loja, al extremo oriental de la misma, y abarca los cantones de Loja y Saraguro, al cual se ha denominado “Zona 1”, y posee una extensión 2969.77 kilómetros cuadrados.

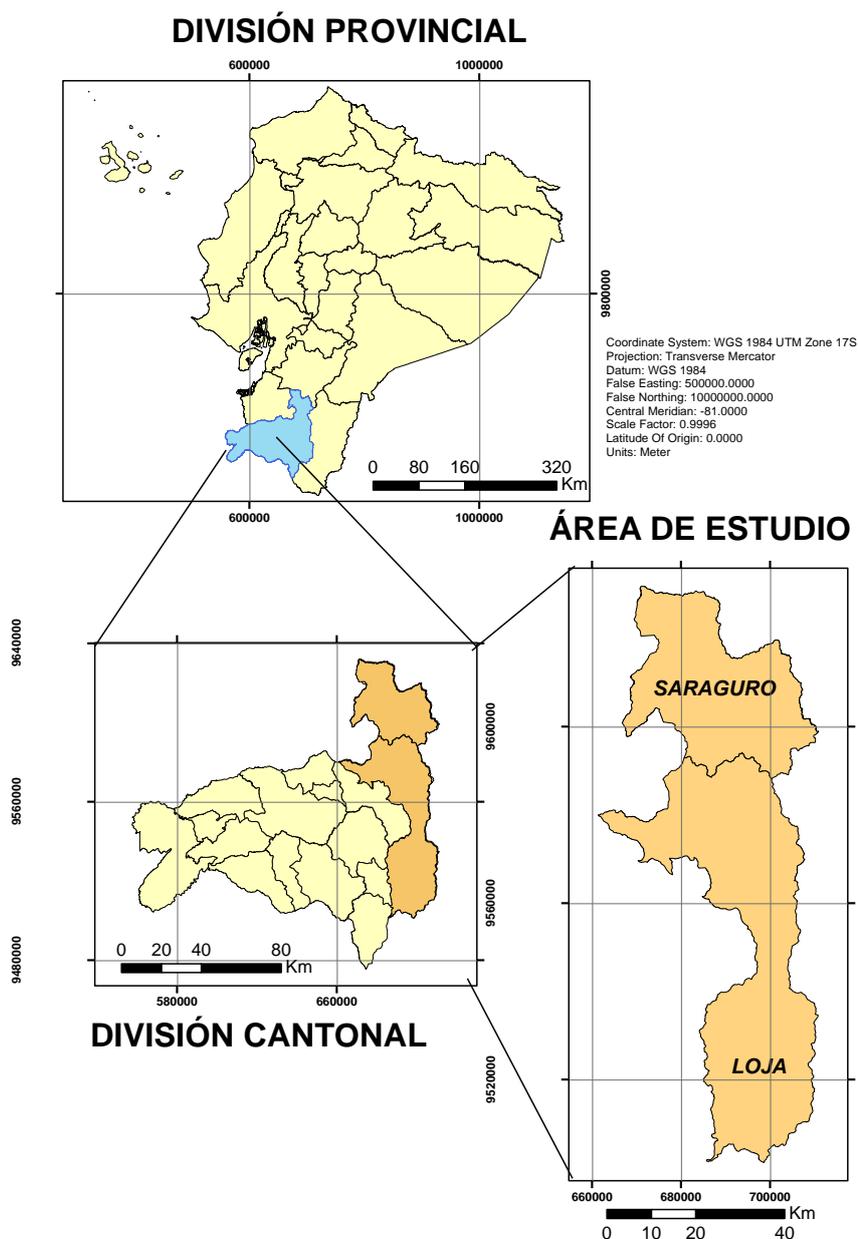


Figura 10. Mapa de ubicación del área de estudio
Elaborado por: Guajala, 2020

6.1.2. Acceso

El acceso al área de estudio se lo puede realizar desde el norte través de la vía Panamericana Sur, en sentido Cuenca a Loja, la cual recorre longitudinalmente gran parte del territorio de los cantones Saraguro y Loja; por el este se puede acceder a través de la transversal sur, por la vía Zamora-Loja; por el sur a través del eje vial 4, por la carretera Zumba-Loja; y por el oeste a través de la vía a la costa denominada vía Catamayo-Loja.

6.1.3. Clima

El clima del cantón Loja, cuya cabecera cantonal se asienta a 2100 m s. n. m. posee similares características al resto de la región interandina, los factores que dan origen al clima del cantón son entre otros los siguiente: el relieve, la latitud, la zona de convergencia intertropical (ZCIT), el efecto de la interacción océano Pacífico – atmósfera (Fenómeno El Niño oscilación del sur y corriente fría de Humboldt) y la cubierta vegetal. En términos generales el cantón Loja tipo un tipo de clima denominada ecuatorial mesotérmico semi húmedo (PDOT Loja, 2014).

En el cantón Saraguro el clima varía entre el ecuatorial meso térmico semi húmedo en más del 52% del territorio cantonal, hasta el ecuatorial semi seco en las parroquias de Sumaypamba y Yuluc. La temperatura oscila entre 8 y 26°C (PDOT, Saraguro, 2015).

6.1.4. Topografía

El cantón Loja en términos generales se lo puede denominar como terreno montañoso, con altitudes que oscilan entre los 1200 a 3800 m s. n. m. siendo los rangos más representativos los que van entre 2000 y 3500 m s. n. m. Estas variaciones altitudinales le otorgan al territorio singulares características así como diversos tipos de climas, por ende diversas temperaturas y precipitaciones, las cuales influyen de manera directa en el sector agrícola por ejemplo (PDOT Loja, 2014). Aquí se identifican dos cuencas hidrográficas la Catamayo Chira la cual se encuentra tanto al norte como al sur del área, sus agua desembocan en el océano Pacifico; y la cual del río Santiago ubicada al noreste del cantón Loja y cuyas aguas desembocan al Atlántico

En el cantón Saraguro de igual manera posee un terreno montañoso con altitudes que varían entre los 1000 y 3800 m s. n. m. Donde los ríos y quebradas profundas que surcan

el territorio del cantón han formado profundos abismos. Este cantón forma parte de la cuenca del río Jubones donde las agua que recorren su sistema hidrográfico desembocan en el río Jubones y finalmente al océano Pacífico.

6.1.5. Geología histórica y evolutiva.

Las unidades metamórficas de edad paleozoica, afloran a lo largo de los cantones Loja y Saraguro, se extienden de sur a norte, constituyendo el basamento sobre las que se asientan secuencias volcánicas y sedimentarias posteriores.

Hacia el sur del área de estudio las secuencias pelíticas paleozoicas de Chigüinda y Agoyán son derivadas de una fuente continental y probablemente depositadas en una cuenca intercratónica o de margen pasiva, que habría funcionado en el Devónico al Pérmico (Litherland, Aspend, & Jemielita, 1994). Según Aspden, Bonilla, & Duque, (1995) los equivalentes parciales de estas unidades son las de El Tigre y La Victoria; el conjunto metamórfico fue afectado por el rift Triásico, el cual se relaciona directamente con el emplazamiento de los granitoides tipo S de Tres Lagunas y Sabanilla

En este mismo contexto se habría desarrollado el volcanismo básico que se manifiesta en las Unidades Monte Olivo y Quebrada El Volcán. Las similitudes litológicas y geoquímicas de los conjuntos de la Cordillera Real y del BAT sugieren que este último fue desmembrado y rotado con respecto a la Cordillera Real, a lo largo del sistema de fallas profundas denominado Las Aradas (Albán et al.,2017).

En el Paleoceno se da inicio la actividad volcánica de tipo arco continental en el arco Sacapalca, el cual incluye a las unidades Changaimina, Loma Bernabé y Gonzabal (Kennerley J. , 1992). Cabe indicar que el batolito de San Lucas se interpreta como la expresión magmática del arco Sacapalca. Posterior durante el Oligoceno, el volcanismo continuó con la generación de productos volcánicos y volcanosedimentarios, dando lugar a las unidades Gualel, Tesalia, Portovelo y Corral Viejo. Los volcánicos de la formación Tambo Blanco muy probablemente están asociados con esta fase de volcanismo, debido al nivel de erosión que estos han alcanzado (Albán et al., 2017).

Hacia el norte en el actual cantón Saraguro, el magmatismo y volcanismo se relacionan desde el Eoceno con emplazamiento del Plutón Pichinal y desde el Oligoceno – Mioceno

prevalece la actividad volcánica con varios pulsos de flujos volcánicos de composición intermedia a ácida correspondientes a las unidades Río Sinincapa, El Tambo, Chilpe Potrero, Río Oña, Tambo Pamba, El Duco, El Quingueado y volcánicos Tambo Blanco. En una pausa de este volcanismo se exhibe una fase sedimentaria representada por la Unidad Urdaneta, la que se relaciona a una cuenca intramontañosa erosionada que se formó previo a la depositación de la Unidad El Tambo y posterior a la formación de la Unidad Río Sinincapa (Pillajo, 2017).

Las cuencas intramontañas de Gonzanamá, Loja, Malacatos – Vilcabamba y Catamayo, se formaron en el Mioceno, (ver figura 11), las cuales, en la fase inicial constituyen facies marino litorales (Gozanamá, San José, Santo Domingo, San Francisco, Trigal, San Cayetano, Belén y Catamayo) y una fase de clausura intramontañosa constituida por las formaciones Quillollaco y Cerro Mandango. Dichas fases han sido recopiladas en el trabajo de Hungerbühler, (1997).

Hacia el norte del área de estudio, durante el Mioceno temprano se reconoce un evento volcánico regional expresado en la Formación Jubones que forma un depósito piroclástico con juntas columnares, dispuestos de manera regional como un marcador estratigráfico. El volcanismo continuó con la Unidad Loma Zhio contemporáneo con la formación y relleno de las cuencas intramontañas Miocénicas (Pillajo, 2017).

El volcanismo Mio-Pliocénico fue el último remanente de actividad volcánica del arco actual al sur del Ecuador. Se atribuyen a esta edad a las unidades Sarihuiña, y Salapa, que se encuentran estratigráficamente al tope de toda la secuencia volcánica (Albán et al., 2017). Mientras que hacia el norte en Saraguro la actividad volcánica también concluye con depósitos de caída de la Unidad Carboncillo durante el Mio-Plioceno.

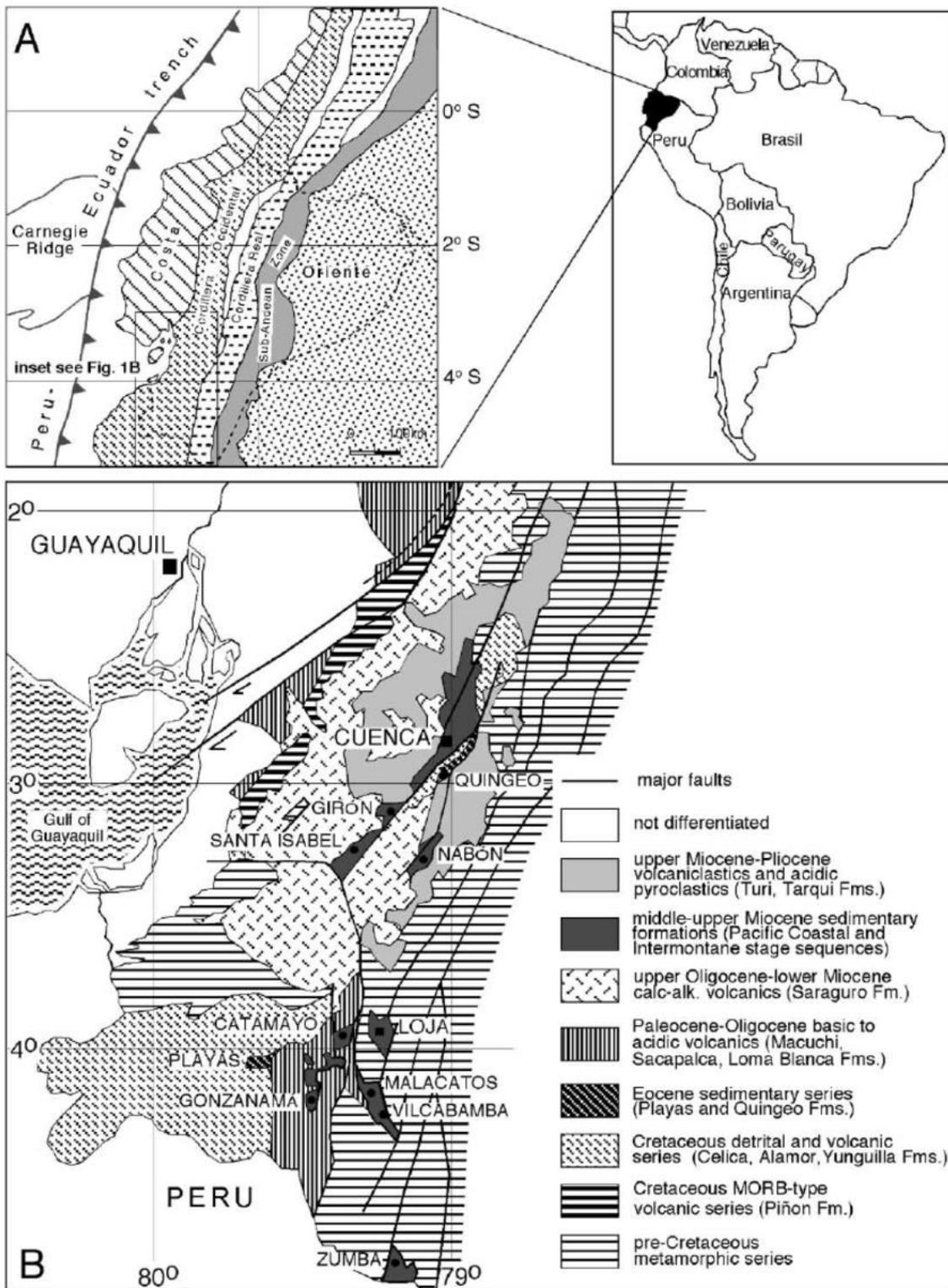


Figura 11. Mapa Geológico del sur del Ecuador con ubicaciones de las series sedimentarias Miocénica.
Fuente: Hungerbühler et al., (2002)

6.1.6. Geología regional.

El Ecuador está atravesado longitudinalmente por la Cordillera de los Andes, uno de los accidentes geográficos más grandes y notables del planeta. La cordillera de los Andes está segmentada por la deflexión de Huancambamba, la zona de estudio se ubica al norte de la misma, la cual se formó como resultado de la acreción de varios terrenos alóctonos en múltiples eventos contra la placa continental sudamericana. (Hungerbühler et al., 2002)

Los cantones Loja y Saraguro se ubican dentro de los dominios litotéctónicos denominado Terreno Loja – Olmos, propuesto por Aspen, (1992), la cual comprende rocas y estructuras emplazadas en la cordillera Central o Real.

La anteriormente denominada serie Zamora, que involucra a sedimentos metamorfizados de origen continental depositados en una cuenca intra cratónica o en margen pasivo (Litherland, Aspend, & Jemielita, 1994), y que en la actualidad ha sido discriminado en mayor detalle los conjuntos metamorfizados, para lo cual han hecho énfasis en el grado de metamorfismo a la que han sido sometidas. De esta manera han logrado definir nuevas formaciones geológicas, gracias al trabajo realizado por Albán et al., (2017)

La unidad Chiguinda constituye el basamento del área de estudio, la cual está constituida por rocas metamórficas de bajo grado como filitas, esquistos pizarras, que rodean a los granitoides Sabanilla y Tres Lagunas de edad triásica.

Las cuencas intramontañas como la de Loja, Malacatos, Vilcabamba, tienen características muy marcadas en las que se distinguen episodios de apertura, en la que los sedimentos tuvieron una acumulación y episodios de cierre donde se produjo deformación y levantamiento. Autores como Hungerbühler et al., (2002) han descrito que ha existido una alternancia en cuanto al ambiente de depositación, evidenciándose secuencias sedimentarias litorales y continentales neógenas y que durante su depositación tuvieron interacción con un volcanismo sincrónico, además existe evidencia de tectónica sin sedimentaria.

La formación Sacapalca constituida por lavas andesíticas de tonos gris o marrón, y piroclásticas en su mayoría y que de igual manera han sido discriminadas en mayor detalle

por Albán et al., (2017), otorgando una mejor correlación entre las unidades genéticas y de igual manera dando lugar a nuevas formaciones geológicas como Unidad Gualiel, Unidad Tesalia, Unidad Gonzabal, entre otras pero que en conjunto son de edad paleocénica y afloran al margen centro occidente del área de estudio, teniendo facies volcánico sedimentarias, en un ambiente tectónico erosivo. Los piroclastos están constituidos principalmente por tobas andesíticas, tobas aglomeráticas, ignimbritas, las cuales presentan potencias considerables y marcada estratificación, (Kennerley J. , 1992). Presentan color marrón, tonos verdosos, como se observa a lo largo de la vía Taquil Chuquiribamba. La formación Sacapalca no tiene presencia ni continuidad hacia el norte del país, pero si es característica para los Andes Centrales.

Hacia el norte del área de estudio, los volcánicos de la formación Saraguro y Chinchillo recubren el basamento metamórfico. La formación Saraguro es la continuación de la formación Sacapalca. Según Álvaro, (2012) manifiesta que estas dos formaciones son características para la evolución orogénica de todo el cinturón de los Andes Centrales. Estos grandes cinturones vulcanogénicos que se manifiestan en el flanco oeste de Sudamérica, se lo denomina cinturón volcánico Neo génico, debido a que termina su evolución en el Neógeno, y comienzos del Paleoceno con la depositación del volcanismo regional del grupo Saraguro (Álvaro, 2012). En el anexo 5 se detalla el mapa geológico regional del área de estudio

6.1.7. Litoestratigrafía

Unidad Chigüinda (Pz_{Lc}). Litherland et al., (1994) manifiesta que esta unidad consiste de rocas metamórficas de bajo grado desde pizarras y filitas hasta esquistos grafitosos, variablemente intercaladas con cuarcitas. Se infieren contactos tectónicos con las otras unidades metamórficas y forma el basamento de las unidades terciarias. Aflora principalmente en la vía Loja-Zamora y Loja-Catamayo. Chew et al., (2007) asignan una edad de 362 ± 12 Ma.

Unidad Huacapamba (Pz_{Lh}). Definida como una unidad discriminada de Chigüinda al centro este del área, por Albán et al., (2017). Aflora en los sectores Virgen Pamba-Huacapamba y Sabanilla. Compuesta por esquistos y filitas sericíticas, esquistos cuarzo-

micáceos y filitas sericíticas con cloritoide, que se intercalan con filitas negras y cuarcitas. Se asume edad paleozoica para esta unidad.

Unidad El Tigre (Pz_{Ti}). Aspden et al., (1995) manifiestan que consiste de una secuencia de areniscas, limolitas y lutitas no metamorfizadas, además de cuarcitas, pizarras, filitas y metagrauvas verdes, intercaladas entre sí. Sus principales afloramientos se ubican en la vía El Cisne – Portovelo, se infiere edad Paleozoica para esta unidad.

Unidad La Victoria (Pz_{Tv}). Según Aspden et al., (1995) consiste litológicamente en pizarras grises filitas micáceas con tonalidades marrones y cuarcitas negras; localmente se presentan esquistos con moscovita y biotita. Y la edad inferida es Paleozoica; la ocurrencia del metamorfismo es atribuido al Triásico tardío.

Unidad Agoyán (Pz_{La}). Litherland et al., (1994) manifiestan que esta unidad aflora en el sector de Quilloloma hasta Solamar. Constituida por esquistos biotíticos intercalados con cuarcitas grises que regularmente presentan segregación de biotita, y paragneises con bandeamiento de cuarzo y biotita. Litherland et al., (1994) le atribuyen edad Paleozoica.

Unidad Cera (Pz_{Ce}). Albán et al., (2017) la definen como una secuencia metamórfica de grado medio, consiste de esquistos pelíticos de color gris verdoso, con cuarzo y biotita y paragneises con bandas de cuarzo y sericita. Los principales afloramientos se encuentran en la vía Catamayo-Cera-Taquil, así como en la vía antigua de Loja a Cera. Se infiere como de edad Paleozoica.

Unidad Sabanilla (TR_{Ls}). Litherland et al., (1994) refiere que está conformada por una secuencia masiva de ortogneises con bandeamiento composicional de cuarzo, biotita y moscovita. Estas rocas varían gradualmente a gneises migmatíticos con feldespato alcalino, biotita y a veces fuchsita y flogopita. Esta unidad según Spikings et al., (2014) posee una edad de 224-240 Ma. Aflora principalmente en la vía Loja-Zamora.

Unidad La Bocana (TR_{Mb}). Aspden et al., (1995) refieren que la unidad se compone de metagranodioritas con xenolitos predominantemente metasedimentarios, paragneises que gradúan a gneises migmatíticos y localmente a ortogneises; así mismo esta unidad la describen como parte del complejo granitoide Moromoro, por lo que se le atribuye una edad Triásica tardía. Aflora en la vía El Cisne-Portovelo.

Unidad Tres Lagunas (TR_L). Litherland et al., (1994) manifiestan que la unidad está conformada de cuerpos masivos de granitoides variablemente cizallados de grano medio a grueso, con plagioclasas, moscovita, biotita y fenocristales de cuarzo azul. Estos autores interpretan que se trata de granitos tipo S emplazados en una zona de rift y señalan una edad de 227,6 Ma. ± 3,2 Ma. Al norte de Loja esta unidad se encuentra intruída por el plutón de San Lucas; aflora principalmente en la vía Salapa Alto-Quebrada Solamar.

Unidad Monte Olivo (TR_{Lm}). Litherland et al., (1994) refieren que está conformada por esquistos anfibólicos de color gris verdoso en alternancia con bandas de esquistos biotíticos. Aflora principalmente en la vía Imbana el Tibio, quebrada san Isidro. Spikings et al., (2014) le atribuyen edad Triásica.

Unidad Quebrada El Volcán (TR_{Qv}). Albán et al., (2017) la definen como una secuencia metavolcánica que ocurre en forma de fajas tectónicas con dirección NE-SO, localizadas al NE de la cuenca de Loja. Está constituida por una secuencia de andesitas, aglomerados y tobas variablemente metamorfizadas, localmente intercaladas con filitas negras. Esta unidad se interpreta como la fase volcánica que se habría generado en la apertura inicial del rift en el Triásico.

Unidad Chiriyacu (TR_{Ch}). Aflora hacia el SW del área de estudio, en los márgenes del río Chiriyacu, observándose pequeñas franjas, Apolo et al., (2017) refieren que podría estar relacionada o ser equivalente con las anfibolitas de Monteolivo, su génesis está relacionada tras el desmembramiento y rotación del batolito hacia el Oeste. Muestra una litología de esquistos de anfíboles y serpentinitas.

Formación Piñón. Aflora al suroeste del cantón Saraguro, en la vía Manú – Zaruma; Kennerley, Almeida, & Calle, (1973), refieren que está compuesta por andesita gris o verdosa y le atribuyen edad del Cretáceo. Existen pocos afloramientos debido a la fuerte meteorización y cobertura vegetal existente. La formación Piñón descansa discordantemente sobre los metamórficos Zamora y es recubierta por la formación Chinchillo.

Unidad Chaguarpamba (K_{Ch}). Afloran principalmente en la vía El Cisne – Gualel, sector Ceredario. INIGEMM, (2013a) refiere que se trata de una secuencia de areniscas

tobáceas de grano fino a medio, color verdoso, localmente con intercalaciones de lutitas. INIGEMM, (2013b) le atribuye edad del Cenomaniense y la considera como una de las facies distales de la Unidad Bramaderos.

Unidad Loma Bernabé (Pc_{Lbe}). Aflora en la vía Cuenca-Loja, tramo Bucashi-Santiago. Albán et al., (2017) manifiestan que está compuesta por andesitas negras, grises, púrpuras, de textura porfiríticas a microporfiríticas, así como brechas volcánicas andesíticas gris verdosas y le atribuyen edad del Paleoceno.

Unidad Gonzabal (Pc_{Gb}). Albán et al., (2017) señalan que se trata de una secuencia volcano sedimentaria, la cual incluye tobas líticas, brechas, niveles conglomeráticos granodecrecientes con estratificación cruzada local y lavas andesito-basálticas subporfiríticas. Aflora principalmente en la vía Taquil - Chantaco. Se encuentra en contacto fallado con la Unidad Chigüinda, subyace discordante a la Formación Catamayo y a las unidades Oligocénicas, por lo cual le atribuyen edad del Paleoceno tardío.

Formación Saraguro. Kennerley et al., (1973) refieren que se trata de estratos de lava y piroclastos que se alternan en capas gruesas. Los piroclásticos varían desde tobas de grano fino a aglomerados muy bastos, pero lo más común es una toba masiva aglomerática de color amarillo en estratos de 50 a 100 metros de espesor y que forman escarpas prominentes en los alrededores de Saraguro, así como en las cercanías de la cabecera cantonal afloran: tobas arenosas, tobas de grano fino con bandeamiento multicolor y lentes de conglomerado. Las lavas inter estratificadas son andesitas porfiríticas. Se le atribuye edad Eocénica. La formación Saraguro descansa discordantemente al este sobre la Serie Zamora y al Oeste sobre la Formación Piñón. Se encuentra suavemente plegada y sus ejes siguen rumbos Norte y NE; la estructura sinclinal del río León es la que más sobresale. Se estima un espesor máximo de 3000 m.

Unidad Solanda (E_{Sa}). Esta formación fue definida por Hungerbühler, (1997) en la Formación Loma Blanca, posterior fue redefinida por los afloramientos en el río Solanda. Consta de conglomerados que se intercalan con capas de tobas ácidas púrpuras de grano muy fino y areniscas de grano grueso de color verdoso. Sobreyace discordantemente al basamento metamórfico y subyace concordante a la Formación Loma Blanca. Hungerbühler (1997) le atribuye una edad de $36,5 \pm 4,4$ Ma.

Unidad Uritusinga (EO_{Ur}). Medina et al., (2017) señalan que es equivalente a la Formación Loma Blanca y se compone de flujos piroclásticos de brechas polimícticas y tobas dacíticas con cristales de cuarzo y biotita; atribuyéndole edad Eoceno-Oligoceno. Se encuentra discordante y aislada sobre el basamento metamórfico.

Formación Chinchillo. Kennerley et al., (1973) indican que consiste principalmente de lavas (riolitas y andesitas porfiríticas con abundantes fenocristales de cuarzo) con algunos estratos de piroclastos (tobas). Así también ignimbritas andesitas cerca de la parroquia Manú. Al oeste de Celen estratos no fosilíferos de lutitas negras se encuentran intercaladas en los volcánicos. Se le atribuye edad oligocénica. La formación Chinchillo parece descansar concordantemente al Este sobre la Formación Saraguro y a lo largo su borde occidental yace discordantemente sobre la formación Piñón. Tiene una potencia estimada de 1500 m.

Unidad Gualel (OG_l). Albán et al., (2017) manifiestan que está conformada por brechas piroclásticas, brechas andesíticas púrpuras; brechas volcánicas andesito-basálticas gris verdosas; lavas andesíticas y basálticas afaníticas púrpuras. A partir de las relaciones estratigráficas, se asume que la unidad es de edad oligocénica. Aflora a lo largo de la vía El Ari-Gualel.

Unidad Tesalia (OT_e). Aflora en la parte alta de Chuquiribamba. Albán et al., (2017) señalan que consiste en brechas y autobrechas volcánicas de composición básica intermedia y lavas andesíticas afaníticas a porfiríticas de colores gris verdoso y púrpura. Se encuentra en contacto discordante sobre la Unidad Gonzabal; al oeste sobreyace discordantemente a la Unidad Guayabal. Se infiere una edad oligocénica.

Unidad Corral Viejo (OC_v). Albán et al., (2017) manifiestan que consiste en una secuencia volcánica con andesitas afaníticas con tonalidades gris azuladas a verdosas y localmente brechas andesíticas. La edad asumida es oligocénica con base en las relaciones estratigráficas. Aflora principalmente en la quebrada Corral Viejo y en la Cordillera Timbayacu.

Formación Loma Blanca (OM_{Lb}). Kennerley et al., (1973) indica que consiste en brechas volcánicas polimícticas, con niveles de tobas andesíticas púrpuras y areniscas

volcánicas del mismo color y grano fino, con las que se intercalan localmente flujos de lavas andesíticas. Aflora principalmente en la vía Malacatos–Purunuma. Al noroeste de Catacocha se reportan edades de $40,6 \pm 5,4 - 22,5 \pm 0,9$ Ma. (Hungerbühler et al., 2002).

Volcánicos Tambo Blanco (OM^{Tb}). Albán et al., (2017) señalan que están constituidos por depósitos piroclásticos que incluyen tobas, tobas de cristales y brechas clasto soportadas y matriz soportadas. Se destacan morfológicamente remanentes de calderas, cuellos volcánicos y domos de composición dacítica a riódacítica. Infieren edad del Oligo-Mioceno. En la cartografía anterior fueron considerados como parte de la Formación Tarqui (Kennerley & Almeida, 1975). Afloran en el sector de Oñacapa al cerro Tambo Blanco y en la parte baja del contrafuerte Sordomoras.

Formación Quinara (M_{Qu}). Aflora en el flanco sur de la parroquia Quinara, según Hungerbühler, (1997) se trata de un remanente volcánico, que consiste de una secuencia de flujos piroclásticos ácidos que varían entre tobas e ignimbritas con líticos metamórficos y niveles de flujos laharíticos. Subyace discordantemente a los conglomerados de la Formación Cerro Mandango. Hungerbühler, (1997) indica una edad con rangos entre $15,1 \pm 1,6$ a $14,2 \pm 3,4$ Ma. La formación Quinara subyace a las series sedimentarias de la cuenca de Malacatos –Vilcabamba.

Formación San José (M_{Sj}). Aflora principalmente en los poblados de San José y el Carmen, según Hungerbühler, (1997) está compuesta de areniscas calcáreas, delgadas capas de calizas y conglomerados con clastos volcánicos y metamórficos. Hungerbühler et al., (2002) interpretan su génesis como una secuencia como depósitos de ambiente de llanura lutítica próxima a la costa, en la cual se produjeron periódicas invasiones marinas, estiman una edad de $13,5 \pm 1,2$ y $13,1 \pm 1,9$ Ma.

Formación Santo Domingo (M_{sd}). Aflora principalmente sobre la vía Intervalles que conduce de Malacatos hacia el Tambo, en los sectores Santo Domingo y la Merced principalmente. Hungerbühler, (1997) señala que está formada por una asociación de facies inferior formada en su mayor parte por niveles lutíticos y evaporíticos (Miembro Yesos) graduando lateralmente a una asociación de facies con lutitas, areniscas, capas de turba y carbón (Miembro Carbón). Sobreyace concordante a la Formación San José y se infiere un paso transicional a la Formación San Francisco. Hungerbühler et al., (2002)

plantean su génesis como ambiente de depósito una llanura lutítica con influencia mareal surcada esporádicamente por canales distributarios; se reportan dataciones entre $14,6 \pm 1,8$ a $12,0 \pm 1,2$ Ma.

Formación San Francisco (M_{Sfr}). Según Corrochano, (2014) aflora principalmente en el sector de la quebrada Santo Domingo cerca del poblado San Francisco Bajo, así como en el sector "La Granja Block", consiste de limolitas y areniscas gris azuladas, bien clasificadas, con intercalaciones canaliformes de areniscas de color marrón con estratificación cruzada en surco y, conglomerados con clastos metamórficos. Yace discordante sobre la Unidad Quinara al sur de Malacatos y se infiere un contacto transicional con la Formación Santo Domingo. Se reportan dataciones con rango entre $14,6 \pm 1,8$ a $12,0 \pm 1,2$ Ma. (Hungerbühler et al., 2002). Se interpreta como depositada en un ambiente estuarino dominado por acción fluvial, con cierta influencia mareal y de oleaje.

Formación Catamayo (M_{Ca}). Aflora en el extremo oeste del área de estudio y según Jaillard et al., (1996) interpretan las facies como llanuras de inundación costera y fluvial para la parte baja, un sistema fluvial dominante para la parte media y, de llanura costera con intervalos de incursiones marinas y fluviales para la parte alta. Los sedimentos sobreyacen discordantes a la Unidad Gonzabal y subyacen discordantes a los flujos laharíticos de la Unidad Infiernillo. Hungerbühler, (1997) infiere una edad del Mioceno Medio.

Unidad Gulacpamba (M_{Gu}). Aflora al sur de Gulacpamba en la parroquia Gualiel. Albán et al., (2017) señalan que consiste de sedimentos fluvio lacustres estratificados que a la base incluyen areniscas calcáreas café grisáceas y hacia el techo intercalaciones de limolitas de color café-amarillento y verdoso, con capas de lutitas gris verdosas con abundantes restos vegetales; conglomerados y finalmente tobas púrpuras. Considerando su disposición estratigráfica, se asume que la unidad pertenece al Mioceno.

Unidad Sayo Cruz (M_{Sac}). Albán et al., (2017) manifiestan que consiste de volcanosedimentos retrabajados de grano fino, color blanco-amarillento con líticos de pómez intercalados con capas de limolitas y lutitas. Además, se incluyen cuerpos riolíticos hipoabisales que morfológicamente resaltan como picos elevados y estructuras

columnares. Se encuentra discordante sobre la Unidad Gonzabal y los sedimentos de la Formación Catamayo. Se infiere una edad Miocénica a partir de correlaciones estratigráficas.

Formación Trigal (M_{Tr}). Kennerley, (1973), señala que está compuesta por una secuencia de areniscas y limolitas tobáceas café verdosas y conglomerados. Aflora principalmente en los cortes de la vía de acceso a Loja desde Catamayo y la vía Panamericana que conduce a Cuenca, sector Carigán.

Formación San Cayetano (M_{sc}). Anteriormente se la ubicaba únicamente en el flanco oriental de la cuenca de Loja según Kennerley, (1973). Actualmente en el trabajo desarrollado por Albán et al., (2017) se conoce que además aflora en los cortes entre La Independencia-Virgen Pamba y La Banda- Jipiro-La Rivera. Está constituida por intercalaciones de areniscas, limolitas y lutitas con abundantes restos vegetales y de fauna fósil. Adicionalmente se observan capas de carbón lignito, diatomitas intercaladas con lutitas silíceas grises y calizas con niveles de chert, que han sido discriminadas en el Miembro La Banda. Para la Formación San Cayetano se ha datado edad de $13,8\pm 1,2$ a $10,0\pm 1,4$ Ma. Según Hungerbühler, (1997).

Miembro La Banda (M_{Lbd}). Según Albán et al., (2017) la definen como parte de la Formación San Cayetano. Aflora en los cortes realizados en la quebrada La Banda-Bolonia y La Independencia-Virgen Pamba, en las partes oriental y occidental de la cuenca. Este miembro consiste de calizas masivas, estromatolíticas, laminadas y dolomitas con lutitas que incluyen capas estratiformes de chert, además de areniscas calcáreas y diatomitas. Según Corrochano, (2014) esta formación alberga fósiles tales como gasterópodos, ostrácodos, bivalvos y foraminíferos. Hungerbühler, (1997) manifiestan que la edad datada es de $11,1\pm 1,2$ Ma.

Formación Belén (M_B). Según Hungerbühler, (1997) está constituida por lutitas marrones y limolitas con laminación paralela que ocasionalmente presentan restos vegetales. Existen areniscas con nódulos de yeso y concreciones carbonatadas, además de conglomerados Aflora al occidente de la cuenca de Loja, en el barrio Belén mayoritariamente. La edad asumida por Hungerbühler, (1997) es del Mioceno Tardío.

Grupo Ayancay. Según Kennerley et al., (1973) de edad Mio-Pliocénica, consiste principalmente de areniscas tobáceas, arcillas castañas y lodolitas. Las areniscas presentan estratificación cruzada y gradúan de asperón a conglomerado. Los estratos tienen una apariencia volcánica aunque provienen en gran parte de la formación Saraguro. El grupo Ayancay se encuentra plegado, cuyo eje se orienta NE-SW, descansa discordantemente sobre la formación Saraguro y se estima un espesor de 1500 m.

Formación Quillolaco (MPL_Q). Según Kennerley et al., (1973) la formación está compuesta por conglomerados gruesos clasto-soportados en matriz arenosa intercalados con lentes métricos de areniscas, aflora en gran parte de la cuenca sedimentaria de Loja, tanto al nororiente como al sur occidente de la ciudad de Loja. La edad asumida es Mio - Pliocénica según Kennerley & Almeida, (1975).

Unidad Sarihuiña (MPL_{Sa}). Albán et al., (2017) manifiestan que se compone de rocas volcánicas riolíticas a dacíticas; brechas y autobrechas de similar composición, localmente presentan alteración hidrotermal y puntualmente tobas riolíticas. Aflora principalmente en el cerro Fierrourcu y en la Laguna Sarihuiña. La edad asumida es Mio-Pliocénica.

Formación Cerro Mandango (MPL_{Cm}). Según Kennerley et al. (1973) está compuesta por una secuencia de conglomerados intercalados con estratos métricos de tobas de lapilli de color café grisáceo. Aflora en la cuenca sedimentaria de Malacatos – Vilcabamba. Esta formación yace en discordancia angular sobre los la Formación San Francisco y discordante también al sur sobre la Unidad Quinara. La datación de esta formación según Hungerbühler, (1997) indica $11,4 \pm 1,6$ a $7,7 \pm 0,8$ Ma.

Unidad Suro (PL_{Su}). Aflora desde Loma Collona hasta Suro, y según Medina et al., (2017) consiste de secuencias métricas de paraconglomerados intercalados con niveles centimétricos de areniscas conglomeráticas. Esta unidad sobreyace discordante a la formación Cerro Mandango y constituyen depósitos de un sistema aluvial que por su posición estratigráfica sería de edad Pliocénica.

Formación Salapa (PL_{Sl}). Según Kennerley, (1973) se compone de lavas andesíticas marrones y capas de aglomerados andesíticos con matriz clasto soportada, además de

tobas púrpuras fuertemente diaclasadas y meteorizadas. Hungerbühler, (1997) reportó una edad de 2,4 +/- 0,8 Ma.

Formación Tarqui. Kennerley et al., (1973) manifiestan que consiste de riolita porfirítica masiva con algo de tobas riolíticas que se han meteorizado transformándose en un manto arcilloso rosado a blanco. Se le atribuye edad del Pleistoceno, tiene un espesor aproximado de 750m. Descansa discordantemente sobre la Formación Saraguro y recubre las unidades metamórficas paleozoicas.

Formación Uchucay. Kennerley et al., (1973) manifiestan que se encuentra definida como una delgada secuencia sedimentaria expuesta en el valle del río Jubones. Consiste principalmente de arenas finas y conglomerados, en lechos de 2 a 4 m de espesor, alcanzando en su totalidad los 50 m. La estratificación es sub-horizontal o presenta buzamientos suaves hacia el norte, se le atribuye edad del Pleistoceno. Esta formación descansa discordantemente sobre el Grupo Ayancay.

- **Depósitos Superficiales**

- ✓ **Depósitos Glaciares (Q_G).** Se encuentran distribuidos principalmente en los altos de la Cordillera Real. Son depósitos con bloques angulosos predominantemente de rocas volcánicas y metamórficas, además de tillitas y zonas de acumulación de arcillas producto de la meteorización por acción del glaciar.
- ✓ **Depósitos Coluviales (Q_C).** En los sectores de Chuquiribamba así como al borde occidental y al norte de la cuenca de Loja, predominan depósitos de avalanchas y “debris slope” que presentan cantos y guijarros de rocas metamórficas en matriz arenosa. En los sectores de Pichic, Zañi y Palta se identificaron bloques de material riolítico y volcánicos andesíticos porfiríticos.
- ✓ **Depósitos Aluviales (Q_A).** Se localizan a lo largo de las márgenes de los ríos Zamora, Jipiro y Catamayo. Consisten de bloques, cantos y guijarros de rocas volcánicas y metamórficas subredondeadas a redondeadas, en matriz arenosa.

- **Rocas Intrusivas**

- ✓ **Granitos (G^G).** Afloran en el sector de Las Juntas y al oeste de la ciudad de Loja, en los sectores de Duraznillo y cerro Villonaco (Albán et al., 2017). En estudios anteriores se reporta una edad de 58,0 +/- 2,0 Ma. para el cuerpo granítico aledaño al cerro Villonaco (Litherland et al., 1994).
- ✓ **Granodioritas (G^{Gd}).** El cuerpo de mayor extensión es el batolito de San Lucas cuya edad varía entre 66 y 51 Ma. (Litherland et al., 1994). Se expone en la parte centro norte del área y los mejores afloramientos se presentan en la vía Cuenca-Loja entre los poblados San Lucas y Santiago. Este cuerpo granodiorítico muestra variaciones a granito, con textura fanerítica de grano medio a grueso, compuesto por plagioclasa, feldespato alcalino, cuarzo, biotita y menor hornblenda. Es frecuente la presencia de colgajos del basamento metamórfico.
- ✓ **Cuarzodioritas (G^{Qd}).** Se observan al noroeste del área desde el norte de Gualiel hasta el norte de la loma La Lira. Estas rocas muestran ligeras variaciones a granodiorita y presentan texturas faneríticas, de grano medio, compuestas de cuarzo, plagioclasas, hornblenda, +/- feldespatos +/- biotita, (Albán et al., 2017).
- ✓ **Dioritas (D^D).** Constituyen intrusiones jóvenes que se distribuyen desde el centro al oeste del área, alrededor de la confluencia de los ríos Zamora y San Lucas, formando la loma Pucalá y en el río Ari (Albán et al., 2017). Presentan texturas faneríticas de grano fino a medio, con plagioclasas, hornblenda y a veces piroxeno. Aquellas de la zona noroccidental presentan localmente malaquita, azurita y sulfuros de hierro cobre.
- **Rocas subvolcánicas.**
 - ✓ **Pórfido Andesítico (PA).** Este cuerpo se encuentra ubicado mayoritariamente en el sector de Verde Loma entre Potrerillos Chico y la loma La Encrucijada. Forma un relieve abrupto con pendientes fuertes encañonándose hacia la quebrada de Alumbra con una extensión aproximada de 6 kilómetros cuadrados (Pillajo, 2017). Así también en la vía antigua Loja – Chuquiribamba, afloran pequeños cuerpos porfidicos, rodeados de la Unidad Cera (Albán et al., 2017). Presenta una textura

porfídica con fenocristales de plagioclasas y, hornblenda de hasta 5 mm dispuestos en una matriz cristalina afanítica rica en plagioclasas y hornblenda y algo de biotita.

- ✓ **Pórfido Dacítico (PDC).** Se exponen en la zona centro norte del área de estudio, formando lomas subredondeadas hacia las partes altas por efecto de erosión, sobresaliendo en la morfología y alcanzan alturas desde 30m hasta 60 m aproximadamente (Pillajo, 2017). Presentan textura subporfírica con fenocristales de cuarzo, plagioclasa, biotita y algo de feldespato potásico con variaciones de mayor contenido de plagioclasa y otras ricas en cuarzo.
- ✓ **Pórfido Riodacítico (PRd).** Se encuentran expuestos en la zona centro norte del área de estudio. Aparecen como cuerpos que sobresalen en la morfología afectando a los Volcánicos de Tambo Blanco, cortan parte del Intrusivo Pichinal y están cubiertos por la Unidad Carboncillo en el sector Pucuna (Pillajo, 2017). Presentan una textura porfídica y variaciones de grano grueso a fino con alto contenido de fenocristales de plagioclasa, y en menor proporción feldespato potásico, biotita, hornblenda y cuarzo. Las plagioclasas presentan aureolas de arcillas resultado de la alteración argílica y las biotitas presentan oxidación (Pillajo, 2017).

6.1.8. Geomorfología

El cantón Loja presenta diversas unidades geomorfológicas que tienen diferente origen genético que en nuestro cantón pueden ser: tectónico erosivo, estructural, glaciar, tectónico, denudativo, fluvio lacustre, deposicional erosivo, erosivo o deposicional o acumulativo (PDOT Loja, 2014), ver tabla 10.

En la parte norte de la cuenca Catamayo Chira se ubican dos cordilleras paralelas: la cordillera Central o Real de Los Andes, la parte norte central está constituida de rocas volcánicas e intrusivas. Aquí se ubican las cotas más altas de toda la cuenca como es el cerro Fierro Urco con 3788 m s. n. m. sector limitante de los cantones Saraguro y Loja, la topografía comienza a disminuir de este a oeste, interrumpiéndose a la altura de la cordillera de Celica. (Gobierno Provincial de Loja, 2011).

Tabla 10. Principales unidades geomorfológicas presentes en el cantón Loja

Nro.	Tipo de Relieve	Área (ha)	Porcentaje (%)
1	Relieve Montañoso	83927.81	44.35
2	Colinas muy altas	24849.00	11.55
3	Colinas altas	15087.14	7.97
4	Colinas medianas	10946.52	5.78
5	Colinas bajas	2088.18	1.1
6	Coluvión antiguo	1913.16	1.01
7	Coluvio aluvial antiguo	1866.31	0.99
8	No aplicable	42182.29	22.99
9	Otro	9362.2	4.95
TOTAL		189222.63	100

Fuente: PDOT Loja, (2014)

Modificado por: El autor

A continuación se describe las principales unidades geomorfológicas presentes en el cantón Loja según el Instituto Espacial Ecuatoriano, (2013):

Relieve montañoso

Es el tipo de relieve que predomina en el cantón Loja; hacia la parte sur y central del cantón, se encuentran desarrollados sobre rocas metamórficas, hacia el norte existen una variedad de tipos de roca que generan este tipo de geoformas; así, encontramos relieves montañosos en los aglomerados de la Formación Sacapalca, en rocas intrusivas granodioríticas del plutón de San Lucas (PDOT Loja, 2014).

Morfológicamente presentan cimas agudas en su mayoría, asociadas a vertientes rectilíneas y cóncavas; aunque sobre las rocas de la Unidad Chigüinda y rocas intrusivas se desarrollan también cimas redondeadas y vertientes mixtas e irregulares. Morfométricamente estos relieves presentan pendientes que van desde los 25 a 100 % en su mayoría, el desnivel relativo supera los 300 m (PDOT Loja, 2014).

Geográficamente estos relieves se encuentran en los poblados de El Cisne, Chuquiribamba, Gualel, Cera, el noroeste de Loja, Ciriacu, Moyococha, al sur de Yangana y Quinara. Esta unidad tiene una superficie 83 997,8 ha, lo que representa el 44,39% de la superficie total del cantón (PDOT Loja, 2014).



Figura 12. Foto de Relieve montañoso (R7). Sector Gualiel. 2013
Fuente: Instituto Espacial Ecuatoriano & MAGAP, (2013)

Colinas muy altas

Se encuentran repartidos a lo largo de todo el cantón, subordinados a los relieves montañosos (R7), aunque también en zonas específicas al norte y al centro sur del cantón. Este tipo de relieves se desarrollan en una gran variedad de tipos de roca, que corresponden a las Formaciones Quillolaco, Sacapalca, Celica, Tarqui y Loma Blanca, a las Series Zamora y Tahuín y las Rocas Intrusivas; de estos los más representativos se encuentran dentro de las rocas de la Serie Tahuín y la Formación Celica, al noroeste y norte del cantón respectivamente.

Ocupa una superficie de 21779.02 ha que representa el 11,51 % aproximadamente del total de superficie del cantón; morfológicamente presentan cimas agudas asociadas a vertientes cóncavas y rectilíneas en su mayoría, aunque también se observan cimas redondeadas, asociadas a vertientes convexas y mixtas, presentan pendientes que van de 25 a 100 %, y desniveles relativos de 200 a 300 m, geográficamente se ubican dispersos a lo largo de todo el cantón, aunque los más representativos se encuentran en los alrededores de los poblados de Santa Teresa, al norte de Gualiel, San Lucas, Sevilla de Oro, Vilcabamba, El Porvenir.



Figura 13. Foto de Relieve colinado muy alto (R6). Sector El Cisne. 2013
Fuente: Instituto Espacial Ecuatoriano & MAGAP, (2013)

Colinas altas

Se encuentran repartidos a lo largo de todo el cantón, al igual que las colinas muy altas, estos relieves se desarrollan en una gran variedad de tipos de roca, que corresponden a las Formaciones Quillollaco, Sacapalca, Celica, Trigal, Tarqui, San Cayetano y Loma Blanca, a rocas intrusivas de tipo granodiorita, y a las unidades metamórficas Paleozoicas.

Ocupan una superficie de 15087.14 ha que morfológicamente presentan cimas redondeadas asociadas a vertientes convexas y mixtas en su mayoría, aunque también se observan cimas agudas, asociadas a vertientes cóncavas e irregulares y en cuanto a la morfometría, estos relieves presentan pendientes que van de 12 a 100 %, y desniveles de 100 a 200 m, geográficamente se ubican dispersos a lo largo de todo el cantón, aunque los más representativos se encuentran en los alrededores de los poblados de Gualacpamba, La Balsa, Chuquiribamba, Quilloyacú, Santo Domingo, Vilcabamba y Yangana (Instituto Ecuatoriano Espacial, 2013).



Figura 14. Foto de Relieve colinado alto (R5). Sector Vilcabamba. 2013
Fuente: Instituto Espacial Ecuatoriano & MAGAP, (2013)

En el cantón Saraguro el principal rasgo de la geomorfología del cantón está determinado por la de la cordillera de los Andes, que atraviesa el cantón de norte a sur, dando origen

a la presencia de grandes unidades geomorfológicas. Estas regiones, entre otros aspectos, mantienen diferencias climáticas, edáficas y de vegetación. Las unidades geomorfológicas se resumen en la tabla 11.

Tabla 11. Descripción de unidades geomorfológicas del cantón Saraguro.

Nro.	Geoformas	Descripción	Área (ha)	(%)
1	Colinas altas	Con relieves muy agudos	3179.72	2.94
2	Colinas medianas	Relieves moderados	23086.1	21.99
3	Relieve escarpado	Con llanura aluvial, terrazas	28578.95	26.40
4	Relieve montañoso	Con relieves muy agudos	19971.97	18.45
5	Valles encañonados	Con mesas, colinas medias fuertes disectadas	3490.22	3.22
6	Vertientes cóncavas	Con mesas, colinas medias fuertes disectadas	3188.31	2.94
7	Vertientes convexas	Relieves moderados	1527.79	1.41
8	Vertientes irregulares	Relieves moderados	24499.42	22.63
9	Cuerpos de agua		27.75	0.03
Total			108270.23	100

Fuente: PDOT, Saraguro, (2015)

A continuación se describen las principales unidades geomorfológicas del cantón Saraguro:

Colinas altas. Elevación de 0 a 300 m de altura y pendiente predominante de 25 a 50%. Superficie rocosa, con una cobertura discontinua de arena y limo eólico reciente inconsolidado. Se encuentra dentro de la repisa costanera y valles (PDOT, Saraguro, 2015).

Colinas medianas. Colina desértica de configuración ondulada, de 4 a 15% de pendiente predominante, con cobertura dendrítica eólica. Altitud variable entre 25 y 200 m. Se ubica dentro de la repisa costanera y valles, y en la cuenca Para-Andina (PDOT, Saraguro, 2015).

Relieve Escarpado. Relieve escarpado muy disectado, de 15 a 20% de pendiente predominante. Se caracteriza por su aridez climática y conformación desértica, con cotas

de 25 a 300 m. Se halla dentro de la repisa costanera y valles, y en la cuenca Para-Andina (PDOT, Saraguro, 2015).

Relieve montañoso. Elevación de 300 a 1000 m de altura y pendiente predominante mayor de 50%. Superficie rocosa de litología heterogénea de la cordillera costera y occidental andina, bajo una cobertura discontinua de material coluvio-aluvial y eólico reciente. Se ubica dentro de valles y en la cuenca Para-Andina (PDOT, Saraguro, 2015). En el anexo 9 se visualiza el mapa geomorfológico del área de estudio.

6.1.9. Hidrografía

En el área de estudio se encuentra drenada por cuatro sistemas hidrográficos, al norte por la Cuenca del río Jubones, la cual ocupa el 35.54% del territorio. Hacia el noroeste por la cuenca del río Puyango la cual representa el 3.44%. Al centro oeste y al sur se encuentra la cuenca del río Chira, la cual representa el 39.61%, siendo la más extensa. Finalmente la cuenca del río Santiago se ubica al centro este del área; ocupa el 21.42% del territorio investigado, (ver anexo 10).

6.1.10. Estructuras regionales

En los cantones Loja y Saraguro, se evidencia fallas regionales, las cuales tienen una dirección preferencial N - S, característico de la Cordillera de Los Andes, y de origen probablemente transpresivo, las cuales ponen en contacto las grandes unidades del Paleozoico y del Triásico (ver figura 15). El contexto en el que se hallan dispuestas las unidades metamorfizadas, sugiere la ocurrencia de cabalgamientos, lo que se evidencia en los buzamientos verticales a subverticales y frecuentes subhorizontales en las rocas que las componen (Albán et al., 2017).

Al sur, el sistema de fallas Sabanilla está expuesto en el flanco oriental desde el sureste hasta el centro norte y pone en contacto a las unidades Chigüinda y Huacapamba con la Unidad Sabanilla (Albán et al., 2017). De igual manera en las exposiciones de la Unidad Quebrada el Volcán, caracterizada por rocas volcánicas variablemente metamorfizadas, ubicadas al centro este del área y que limitan con las unidades metamórficas del Paleozoico, conservan de igual forma el rumbo NE-SW.

Al centro oeste las principales fallas tienen dirección igualmente N-S y se disponen a lo largo de los ríos Caña Brava y Gualiel, continúan por el borde occidental de la cuenca sedimentaria de Catamayo. Esta estructura probablemente constituye un segmento del sistema mayor de fallas Girón-Las Aradas (Albán et al., 2017).

Hacia el Centro Norte las fallas toman un rumbo N-S con ramificación de la falla río Tambo Blanco que alinea a los cuellos del campo volcánico Tambo Blanco. En las cuencas sedimentarias de Loja, Malacatos y Vilcabamba se pueden distinguir evidencias de la tectónica sinsedimentaria representada por estratos muy deformados con presencia de fallamiento gravitacional, slumps y discordancias progresivas.

Existe evidencia igualmente de fallas probablemente transpresivas de dirección NW-SE, entre las que se destacan las denominadas Picota y Catamayo, las cuales controlan los bordes de la cuenca de Malacatos (Medina et al., 2017).

La cuenca de Loja fue afectada por el plegamiento post-sedimentario, el cual generó anticlinales y sinclinales; su formación y desarrollo ha sido controlado por fallas transpresivas o inversas, se manifiestan principalmente por el sinclinal de la parte oriental de la cuenca y el de la parroquia Chuquiribamba. (Medina et al., 2017).

En el cantón Saraguro los plegamientos cuyos ejes tienen rumbo NE-SW en el Grupo Ayancay y en la formación Saraguro siguiendo el río León tienen la misma orientación que las zonas de deformación cataclástica en el granito metasomático de Tres Lagunas, señalando así una importante dirección estructural. Los plegamientos en la formación Chinchillo y en la formación Saraguro siguiendo el río Tenta son más suaves, manteniendo sus ejes un rumbo N-S. El fallamiento es común sin que haya una orientación particular dominante (Kennerley et al., 1973).

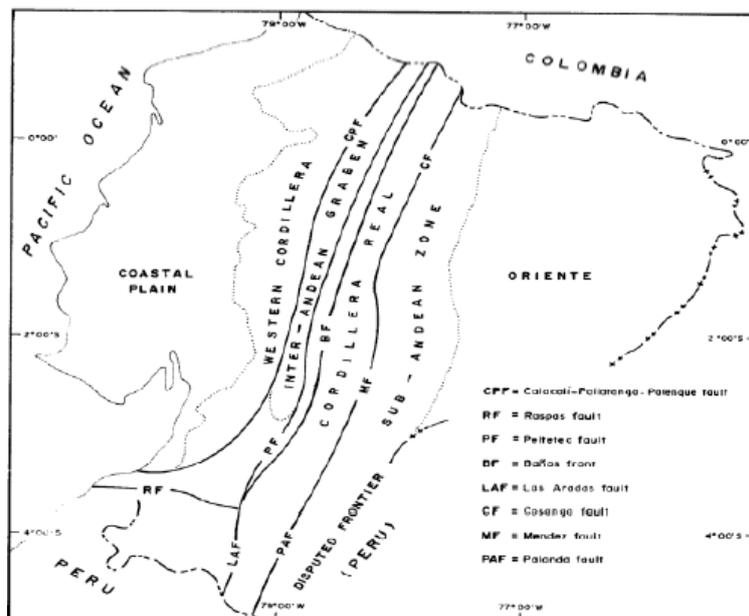


Figura 15. Principales fallas y rasgos morfológicos del Ecuador
Fuente: Aspen, (1992)

6.2. Resultados del primer objetivo

6.2.1. Geología local

En este punto se realizó la descripción geológica detallada de aquellos sitios que constituyen prospectos minerales no metálicos, mediante la descripción de afloramientos realizando un total de 232 afloramientos (ver anexo 1), y complementado con la descripción macroscópica de muestras de mano (anexo 2).

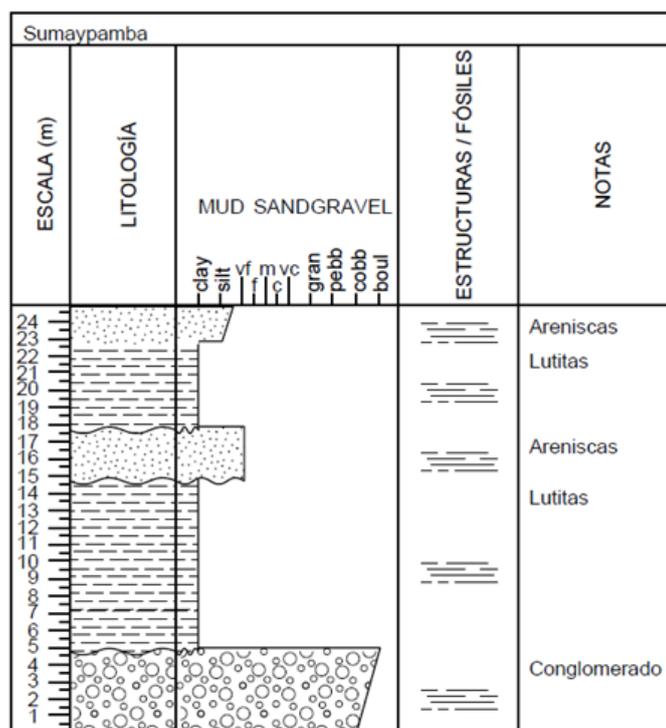
6.2.1.1. Arcillas

El material arcilloso está asociado predominantemente a las cuencas sedimentarias del área de estudio, Estos se hallan en el flanco oriental de la ciudad de Loja, mayoritariamente, también en las parroquias de Malacatos y hacia el noroeste del cantón Saraguro, específicamente en la parroquia Sumaypamba, donde predominan secuencias sedimentarias del Mioceno y Mio-Plioceno. La meteorización intensa en rocas volcánicas y piroclásticas ha generado en algunos sitios del cantón Saraguro de igual manera arcillas de buena plasticidad. A continuación se describen los sitios más representativos donde se ha encontrado este tipo de materia prima de la industria cerámica, así como la columna estratigráfica del sitio.

Parroquia Sumaypamba

En el sector de Sumaypamba, perteneciente al cantón Saraguro en las coordenadas UTM, Datum WGS 84 (683870E; 9627490N) se observó una secuencia depositacional de estratos sedimentarios. En la base del afloramiento se encuentran un paraconglomerado de guijarros, oligomítico, con clastos subredondeados y mal clasificado. Los clastos son de origen volcánico en una matriz limosa de color gris rojizo y una potencia de 4 metros.

El estrato suprayacente se trata de arcilla de color gris, de buena plasticidad y una potencia de 10 metros, tiene un azimut 152° y se encuentra buzando 15° al SW. El estrato superior se trata de una intercalación fina de areniscas y arcillas de buena plasticidad, ver figura 16.



LEYENDA

Litología	Símbolos/ Estructuras	Límites base
 Conglomerado con matriz soportada	 Estratificación	----- Gradacional
 Lutitas		—— Erosión
 Areniscas		

Figura 16. Columna estratigráfica del sector Sumaypamba.
Elaborado por: Guajala, 2020

Parroquia el Cisne

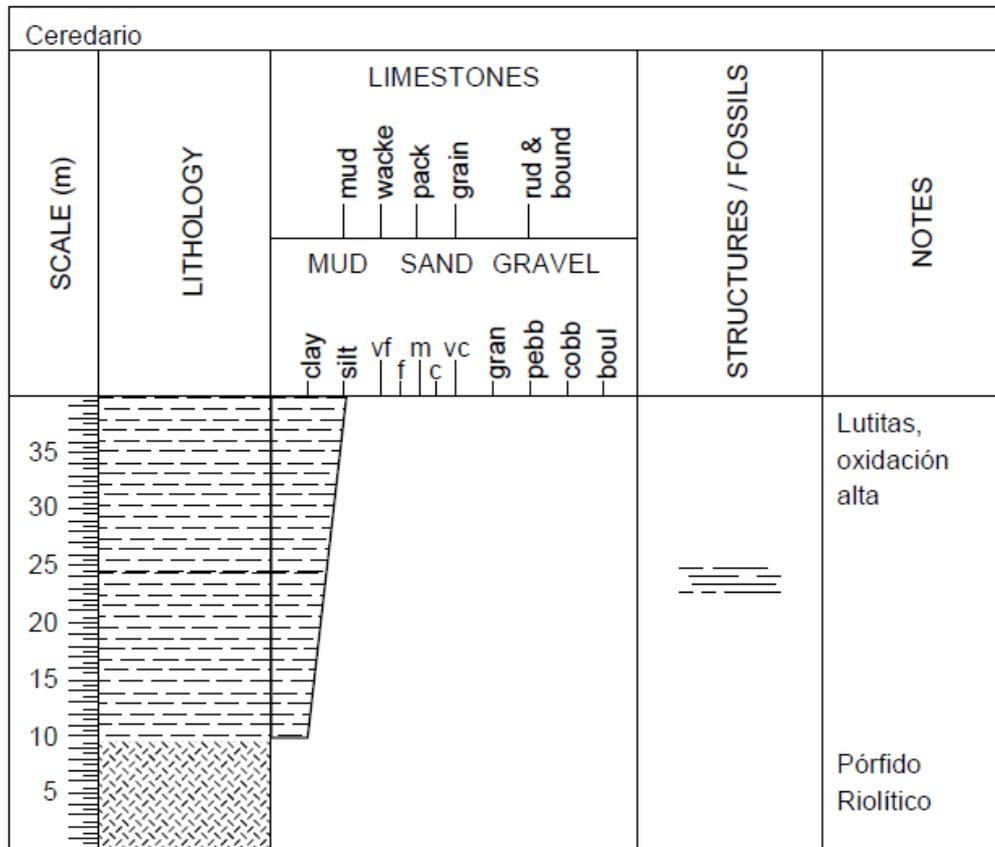
En el sector Ceredario, parroquia El Cisne perteneciente al cantón Loja, en las coordenadas UTM, Datum WGS 84 (676143E; 9577352N) se identificó arcillas, de color marrón, las cuales presentan buena plasticidad en campo y en la parte superficial se encuentra afectada por limonita (hidróxido de hierro) lo cual le brinda una coloración rojiza, estas lutitas forman parte de la formación Chaguarpamba, que en este punto limitan en todos sus flancos con un Pórfido Riolítico que se encuentra mediamente alterado, ver figura 17.



Figura 17. Fotografía del afloramiento de lutitas en El Cisne, coordenadas UTM, Datum WGS 84 (676143E; 9577352N)

Elaborado por: Guajala, 2020

Las lutitas forman una especie de isla ya que el cuerpo intrusivo ha levantado estas lutitas de edad cretácico colocándolas en el centro del cuerpo intrusivo. Las arcillas tienen un azimut de 52° y se encuentran buzando 59° al SE, la potencia se estima en 25 metros aproximadamente, ver figura 18.



LEYENDA

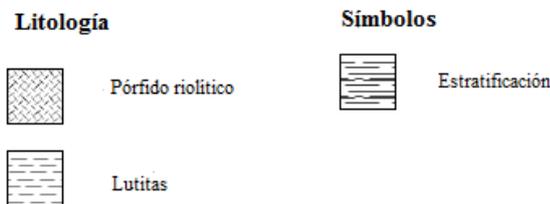


Figura 18. Columna estratigráfica del sector Ceredario.
Elaborado por: Guajala, 2020

Virgenpamba - Loja

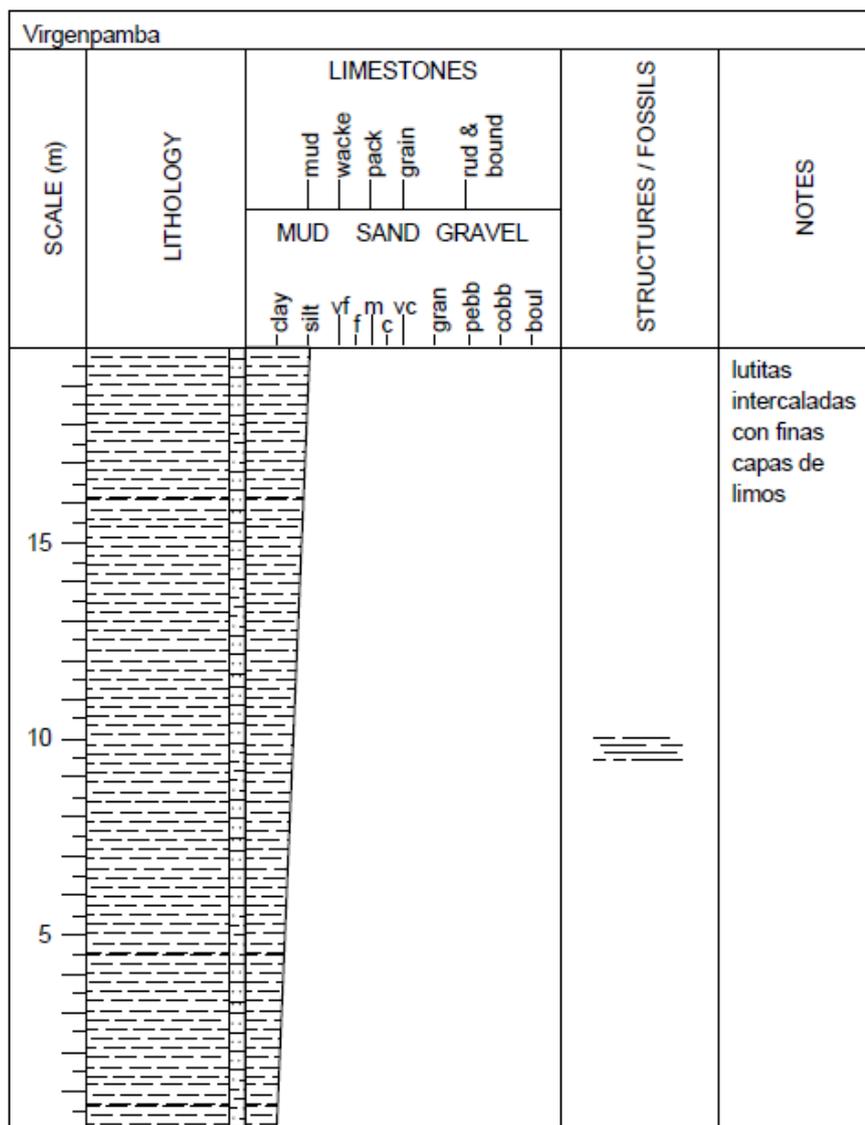
En la ciudad de Loja se identificó dos puntos con indicios mineralógicos de arcilla el primero en el sector de Virgenpamba en las coordenadas UTM, Datum WGS 84, (698795E; 9564032N) donde en una colina se observó lutitas de color crema, mediamente meteorizadas y bajo contenido de óxidos de hierro, y presentan buena plasticidad ver figura 19.



Figura 19. Fotografía del afloramiento de lutitas ubicado en el sector de Virgenpamba coordenadas UTM, Datum WGS 84, (698795E; 9564032N)

Elaborado por: Guajala, 2020

Las lutitas se encuentran intercaladas con pequeñas capas de limos. El sector se asienta sobre la formación San Cayetano, caracterizado por contener su alto contenido de arcillas. En este sector las capas de arcillas tienen un azimut de 321° y se encuentran buzando 42° al NE, se estima una potencia aproximada de 20 metros, ver figura 20.



LEYENDA

Litología	Símbolos
[Lithology symbol]	Lutitas
[Lithology symbol]	Limos
[Lithology symbol]	Estratificación

Figura 20. Columna estratigráfica del sector Virgenpamba.
Elaborado por: Guajala, 2020

Barrio Las Palmeras -Loja

El segundo sector se identificó en el Barrio Las Palmeras, en la vía antigua a Zamora, en las coordenadas UTM Datum WGS 84 (701184E, 9558216N) donde se encuentran arcillas de tonalidad gris de este sector (en la concesión Minera ROA) y con buena

plasticidad, los estratos se tienen un azimut de 002° y se encuentran buzando 48° al SE, potencia aproximada de 30 metros, ver figura 21.

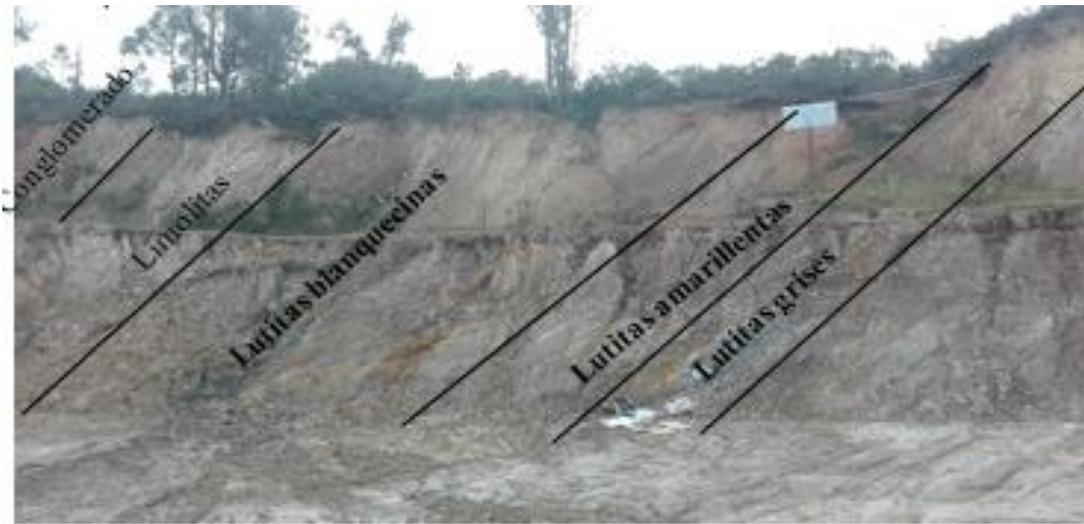


Figura 21. Fotografía del afloramiento de arcillas en la concesión minera ROA coordenadas UTM Datum WGS 84 (701184E; 9558216N).
Elaborado por: Guajala, 2020

Estas arcillas pertenecen al miembro superior de la formación San Cayetano ya que el contacto litológico con la Formación Quillollaco se encuentra relativamente cerca el cual está compuesto principalmente por conglomerados, ver figura 22.

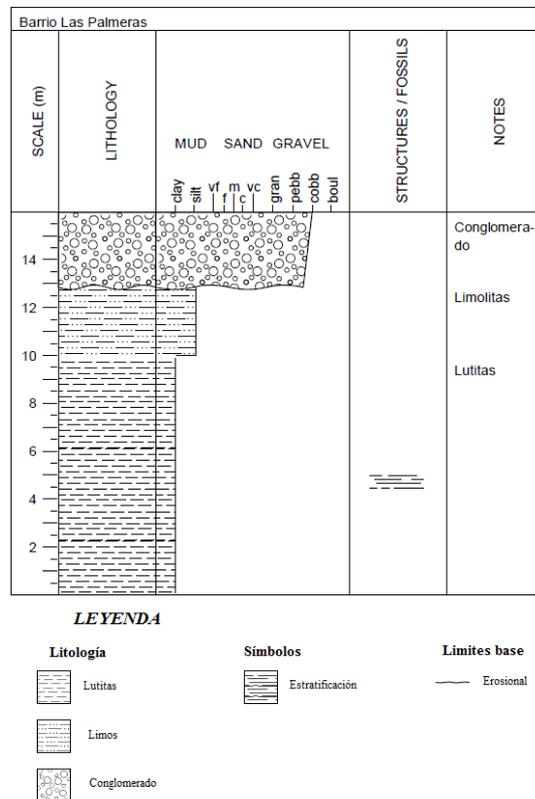


Figura 22. Columna estratigráfica del sector Barrio Las Palmeras, vía antigua Loja – Zamora.
Elaborado por: Guajala, 2020

El calvario -Loja

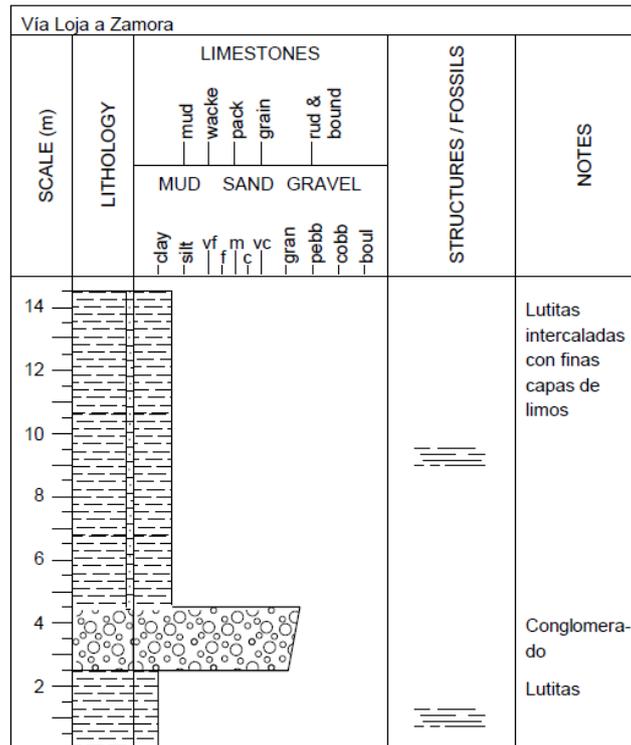
Sobre la vía nueva Loja – Zamora, en las coordenadas UTM, Datum WGS 84 (700971E; 9558630N) se encuentra un afloramiento constituido por una intercalación de arcillas color crema de buena plasticidad y bajo contenido de óxidos, también se observa estratos de potencia (0.05 a 0.1 m) de limos de coloración gris.



Figura 23. Fotografía de afloramiento vía Nueva a Zamora coordenadas UTM, Datum WGS 84 (700971E; 9558630N)

Elaborado por: Guajala, 2020

Esta secuencia sedimentaria posee un azimut de 354° y se encuentra buzando 54° al NE, los estratos tienen una potencia aproximada de 30 metros, (ver figura 24).



LEYENDA

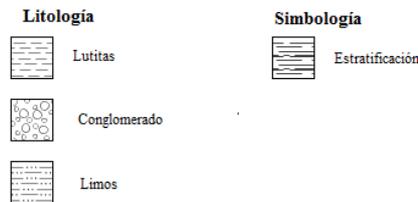


Figura 24. Columna estratigráfica del sector El Calvario, vía Loja – Zamora
Elaborado por: Guajala, 2020

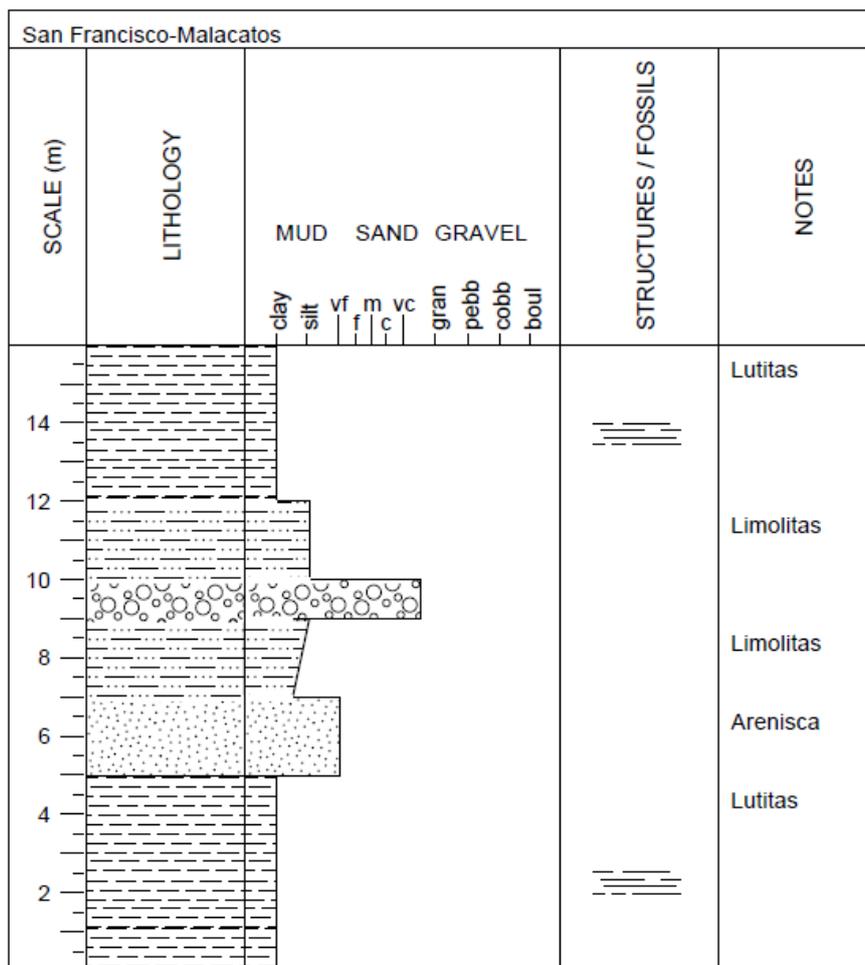
Parroquia Malacatos

En el sector San Francisco perteneciente a la parroquia Malacatos se identificó dos sectores con un alto potencial de arcillas de buena calidad. El primero en las coordenadas UTM, Datum WGS 84 (690890E; 9535048N), está constituido por rocas de origen sedimentario. Se distinguen seis estratos, cuya inclinación de las capas es al SE.



Figura 25. Fotografía de afloramiento compuesto de arcillas, Malacatos coordenadas UTM, Datum WGS 84 (690890E; 9535048N)
Elaborado por: Guajala, 2020

En la parte superior del afloramiento se encuentra una intercalación de materiales que van de arcillas, limos, micro conglomerado y areniscas. En la parte inferior izquierda hallan arcillas de tonalidad grisácea, compactas, baja humedad y alta plasticidad; potencia visible de 5m (ver figura 26).



LEYENDA

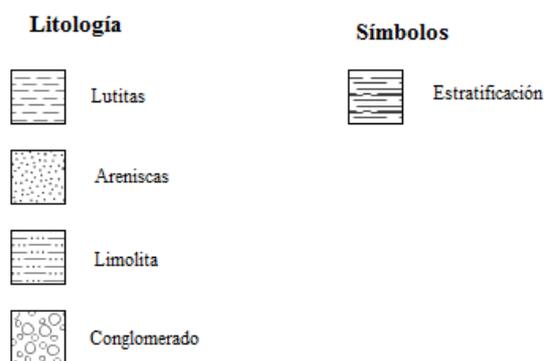


Figura 26. Columna estratigráfica del sector San Francisco, Malacatos
Elaborado por: Guajala, 2020

Cabe indicar que en los alrededores de este sitio la presencia de material arcilloso es abundante pero se encuentra intercalado con material de una granulometría mayor, como son limos y areniscas, es así que en algunos sectores las capas de areniscas superan los 10 metros de potencia y las arcillas no sobrepasan los 2 metros de potencia.

Parroquia Malacatos

El segundo lugar de interés dentro de la parroquia Malacatos se ubicó en el sector San Francisco Medio en las coordenadas UTM, Datum WGS 84 (692287E, 9537627N) donde el afloramiento está constituido en su totalidad de rocas arcillosas, se distinguen dos tonalidades de arcillas.

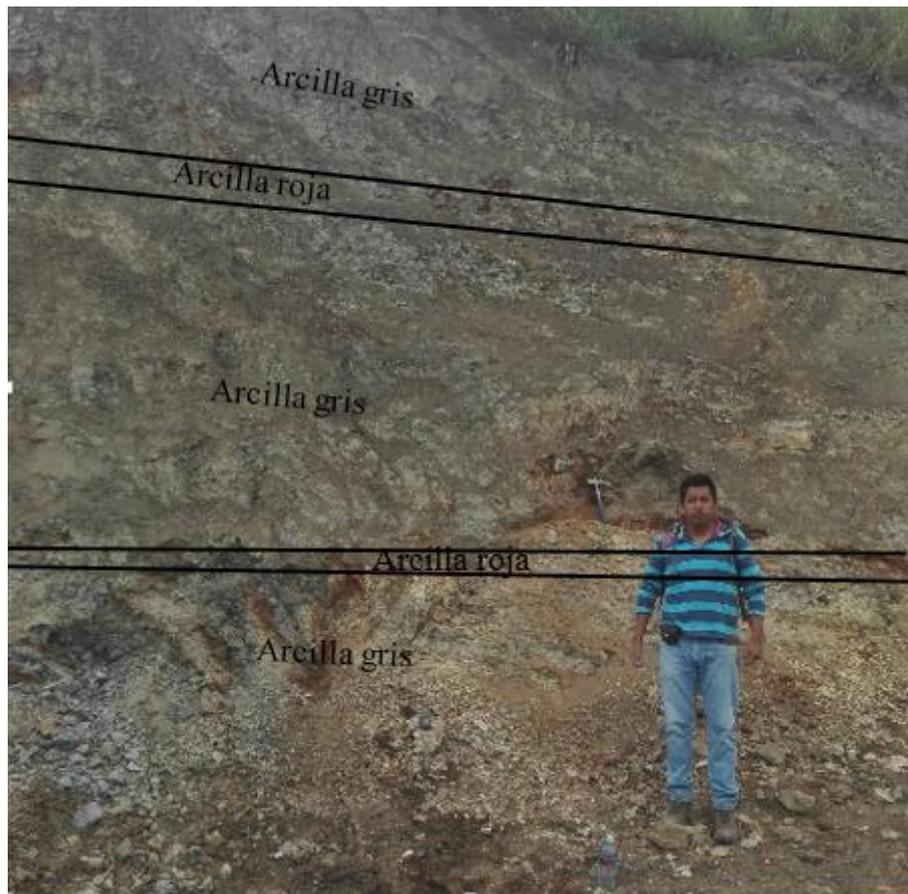
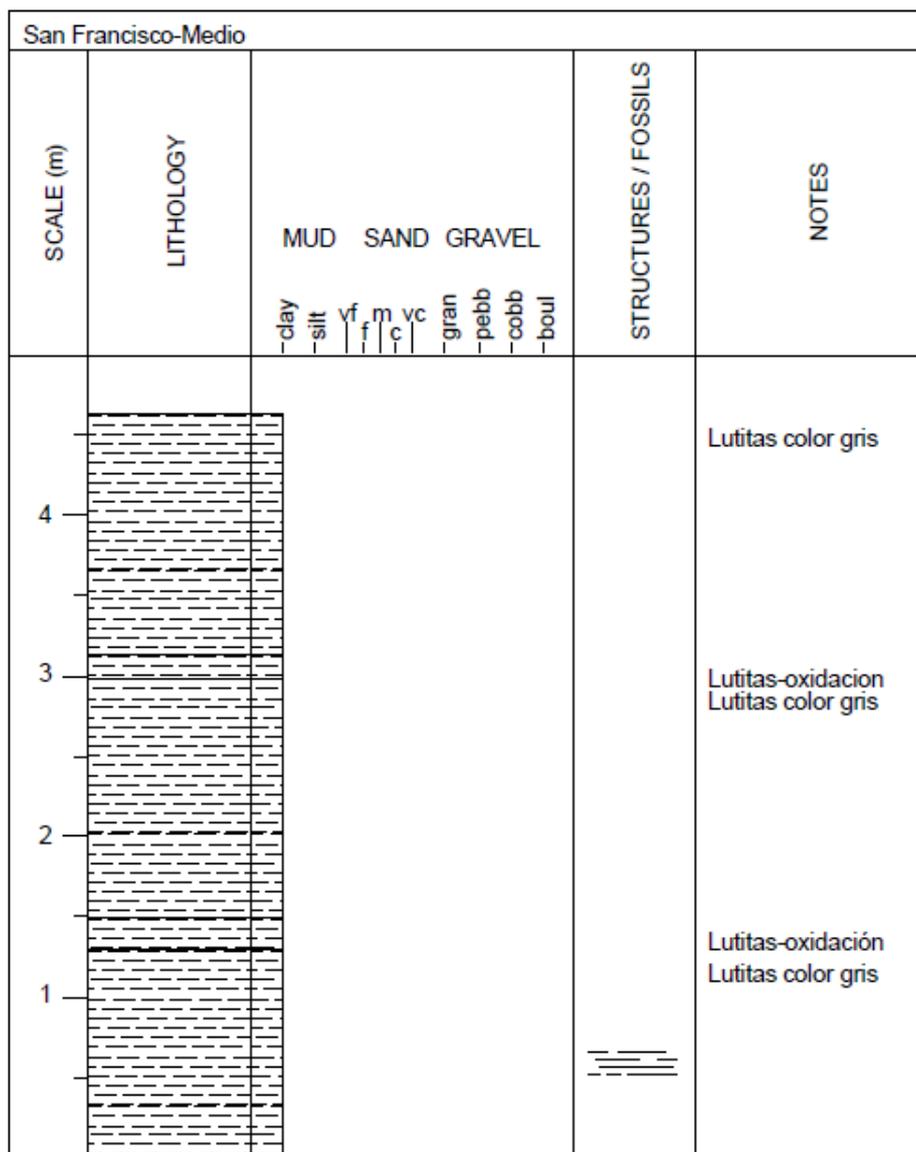


Figura 27. Fotografía del afloramiento de arcilla en el sector San Francisco Alto, coordenadas UTM, Datum WGS 84 (692287E; 9537627N)

Elaborado por: Guajala, 2020

La primera de color gris, la cual es de mayor potencia (1.2 a 2 m) y la segunda de coloración rojiza, cuya potencia es en promedio de 0.2 m. Estas arcillas poseen buena plasticidad. Los estratos tienen un azimut de 323° y se encuentra buzando 22° al NE. Además se pudo identificar una vetilla de yeso cuya potencia es de 2 centímetros.



LEYENDA

Litología	Símbolos	Límites base
Lutitas	Estratificación	

Figura 28. Columna estratigráfica del sector San Francisco Medio, Malacatos
Elaborado por: Guajala, 2020

Sector Cera

El afloramiento en las coordenadas UTM Datum WGS 84 (691650E; 9568798N), el mismo que está compuesto de esquistos pelíticos muy alterados y riolitas fuertemente alteradas, constituye la zona de contacto entre el material de origen ígneo y el metamórfico. En el flanco oeste se encuentran las riolitas fuertemente alteradas, y hacia

el flanco izquierdo se halla una mezcla entre ambos materiales. Estos materiales poseen plasticidad media y muestran indicios de estar en proceso de caolinización.



Figura 29. Fotografía del afloramiento de arcilla en las coordenadas UTM, Datum WGS 84 (691650E; 9568798N)

Elaborado por: Guajala, 2020

Parroquia Urdaneta

En la parroquia Urdaneta del Cantón Saraguro en las coordenadas UTM, Datum WGS 84: (700001E; 9602999N), se identificó sobre el talud de la vía un afloramiento constituido por tobas altamente meteorizadas, las cuales presentan buena plasticidad en campo y estratificación sub horizontal, las cuales por correlación estratigráfico han sido atribuidas al Mio- Plioceno. El Afloramiento tiene una altura de 15 metros y 500 metros de ancho. El material que cubre esta zona ha formado suaves relieves que se extienden hacia NE.



Figura 30. Fotografía del afloramiento de tobas meteorizadas, coordenadas UTM, Datum WGS 84 (700001E; 9602999N)

Elaborado por: Guajala, 2020

6.2.1.2. Volcánicos

Parroquia Yúluc

Al noroeste del cantón Saraguro en la parroquia Yuluc en las coordenadas UTM, Datum WGS 84: (674681E, 9628475N) se identificó un sitio de interés el cual está constituido por rocas de origen volcánico, específicamente por tobas riolíticas. Estas rocas son de composición ácida y debido a la fuerte acción climática han producido la alteración de las mismas. Al flanco izquierdo de una quebrada de caudal intermitente se observa la disposición de material piroclástico compuesto por tobas riolíticas de color blanco a crema cuya potencia visible es de 3 metros, sobreyacidas por tobas de color púrpura altamente alteradas con una potencia aproximada de 1.5 metros. Sin embargo al otro flanco de la misma quebrada únicamente se observan tobas riolíticas, por lo cual es presumible que el pequeño depósito de tobas púrpuras sea producto de material que se ha lavado desde la parte alta y se ha depositado en esta zona deprimida, ver figura 31.



Figura 31. Fotografía del afloramiento en la parroquia Yúluc en las coordenadas UTM, Datum WGS 84 (674681E, 9628475N)

Elaborado por: Guajala, 2020

Parroquia Tenta

En el sector de San Pablo de Tenta (vía Tenta –Selva Alegre) las coordenadas UTM, Datum WGS 84 (692944; 9600676) en el talud de la vía se pudo apreciar un afloramiento de riolitas de coloración blanquecina, altamente fracturada, está constituido por tobas riolíticas medianamente alteradas, identificando cristales de cuarzo de 1 a 2mm de diámetro, y una pequeña capa de óxidos que cubre la parte superficial del afloramiento, ver figura 32.



Figura 32. Fotografía del afloramiento en la vía Tenta –Selva Alegre en las coordenadas UTM, Datum WGS 84 (692944E; 9600676N)

Elaborado por: Guajala, 2020

6.2.1.3. Rocas Graníticas

Parroquia El Cisne

En el sector de Ambocas, (vía El Cisne –Ambocas) perteneciente a la parroquia El Cisne, en las coordenadas UTM, Datum WGS 84 (667472E, 9577384N) se observó, un afloramiento constituido por rocas graníticas, altamente alteradas, con leve presencia de óxidos de hierro, siendo visible mínimamente cristales de cuarzo y plagioclasas alteradas. La intensa meteorización en el sitio ha disgregado por completo el macizo rocoso, ya que presenta una granulometría mayoritariamente de arena y en menor cantidad de finos (ver figura 33).

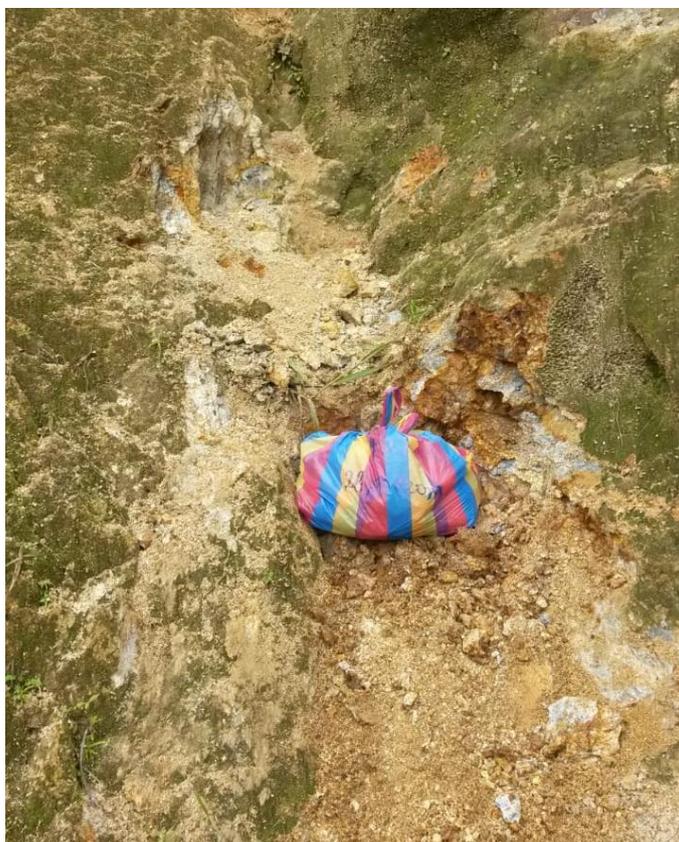


Figura 33. Fotografía del afloramiento y muestra tomada, en la vía El Cisne –Ambocas en las coordenadas UTM, Datum WGS 84 (667472E, 9577384N)
Elaborado por: Guajala, 2020

Sector Las Juntas

En el sector Las Juntas, vía antigua Loja – Cuenca en las coordenadas UTM, Datum WGS 84 (694887E, 9577703N), aflora el Batolito de San Lucas, y que localmente se evidencia

granodioritas de tonalidad grisácea a blanquecina de grano medio a grueso. Son visibles fenocristales de cuarzo, plagioclasas, biotita.



Figura 34. Fotografía del afloramiento en la vía Loja-Las Juntas UTM, Datum WGS 84 (694887E, 9577703N),

Elaborado por: Guajala, 2020

Hacia el sur en las coordenadas UTM, Datum WGS 84: (697007E; 9576142N), continúan las granodioritas, pero con mayor grado de alteración, así también se observan diques decimétricos de plagioclasas de tonalidad rosácea, que cortan el macizo rocoso en diferentes direcciones. No obstante uno de los diques de mayor potencia observados, presentó una potencia de 0.3 m; azimuth 275° y Buzamiento 45° NE, ver figura 35.



Figura 35. Fotografía del afloramiento en la vía Loja-Las Juntas, en las coordenadas UTM, Datum WGS 84 (697007E; 9576142N)

Elaborado por: Guajala, 2020

Como resultado del recorrido a los diversos lugares y puntos de afloramientos, se elaboró el mapa de afloramientos del área de estudio, el cual se muestra en el anexo 3.

6.3. Resultados del segundo objetivo

La caracterización física de las muestras recolectadas fueron analizadas en el laboratorio ICCV de la ciudad de Zamora y cuyos resultados se muestran en las tablas subsiguientes y el reporte emitido por el laboratorio se presenta en el anexo 6.

Los análisis de fluorescencia de Rayos X, fueron practicados en el laboratorio de geoquímica analítica de la UTPL, el reporte de los mismos se detalla en el anexo 7.

Muestra SR-R-17

La muestra fue recolectada en el sector Rosa Grande, parroquia Urdaneta del cantón Saraguro, en las coordenadas UTM, WGS 84: 703170N; 9600116E; 2267 m s. n. m., su litología consiste en arcilla de color blanquecino, con alta plasticidad, y una potencia en el afloramiento de 4 metros.

Cuadro 13. Características Físicas de la Muestra SR-R-17.

Ensayo de Clasificación						
Contenido de agua	Límite Líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Denominación AASHTO
15	68	25	43	CH	A-7-6	Arcilla de alta plasticidad
Granulometría (%)	Grava		0%			
	Arena		47%			
	Finos		53%			

GOLPES (LOG)	HUMEDAD %
1.30	69
1.40	68
1.55	66

Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra LJ-R-20

La muestra fue recolectada en el flanco SW del cerro Chalalapo, parroquia Quinara, del cantón Loja. En las coordenadas UTM, WGS 84: 694592E; 9520053N; 1986 m s. n. m. En el lugar existen labores mineras subterráneas y que por el momento se encuentran abandonadas. Litológicamente el sitio se asienta sobre rocas metamórficas de la Unidad Chiguinda de edad Paleozoica. Las cuales han sido afectadas por fluidos hidrotermales, probablemente generados durante la intrusión de rocas graníticas de la Unidad Tres Lagunas de edad Triásica. Además se evidencia brechas de falla a 200 metros al sur del afloramiento. Dichos procesos hidrotermales han provocado la alteración mineralógica de la roca caja provocando en ella procesos de caolinización, asociado probablemente a una alteración argílica intermedia.

Cuadro 14. Características Físicas de la Muestra LJ-R-20.

Ensayo de Clasificación						
Contenido de agua	Límite Líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Denominación AASHTO
30.31	51.00	17.00	34.00	CH	A-7-6	Arcilla de alta plasticidad
Granulometría (%)	Grava		0%			
	Arena		17%			
	Finos		82%			
<p style="text-align: center;">LÍMITE LÍQUIDO</p>						

Elaborado por: Guajala, 2020.

La figura cerámica obtenida de esta arcilla, tuvo una cocción a un rango de temperatura entre 1020 y 1050 C, por un lapso de 7 horas 15 minutos. Su resultado fue una figura uniforme, no presenta fisuramiento, su contracción lineal total es de 12%, (ver cuadro 15).

Cuadro 15. Resultados físico cerámicos de la muestra LJ-R-20.

Contracción Lineal Total [%]	Factor de contracción	Pérdidas Por Ignición (LOI) [%]	Color de quema
12.00	1.14	10.64	Rosado Claro

Elaborado por: Guajala, 2020.

En referencia al tamaño del molde en donde fue vaciado para su formación, se consideró el eje longitudinal de 5 cm. Presenta color uniforme y tonalidad es de color: rosado claro (Figura 36).



Figura 36. Pieza cerámica de la muestra LJ-R-20.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 50.20%, Al₂O₃; 30%, CaO; 0.12%, P₂O₅; 0.31%, K₂O; 0.00%, Fe₂O₃; 1.24%, TiO₂; 0.83%, MgO; 0.585 (ver figura 37).

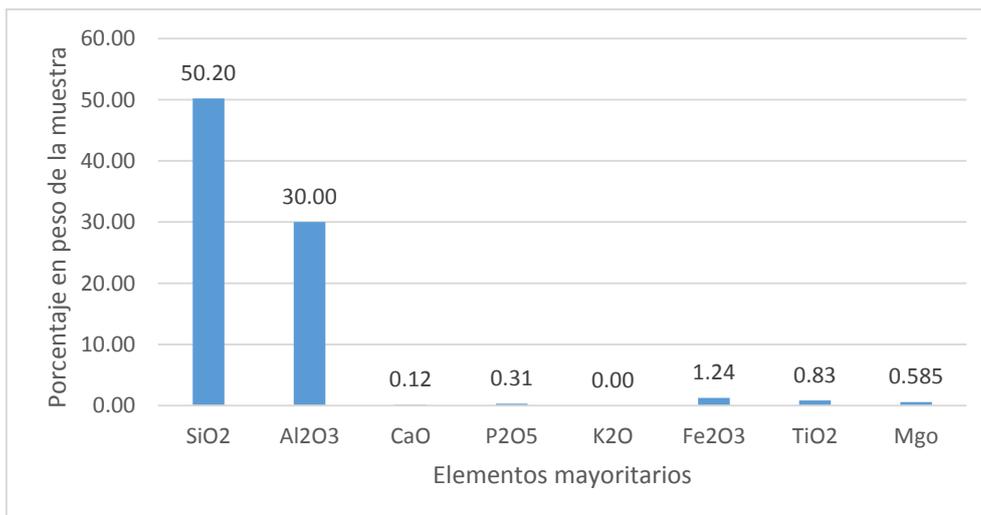


Figura 37 .Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-20.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra LJ-R-1

La muestra fue recolectada en el sector San Francisco, parroquia Malacatos, del cantón Loja. En las coordenadas UTM, WGS 84: 690890E; 9535048N; 1536 m s. n. m. En el sitio existe una intercalación de material sedimentario, mayoritariamente arcillas. Sus características físicas se detallan a continuación.

Cuadro 16. Características Físicas de la Muestra LJ-R-1.

Ensayo de Clasificación						
<i>Contenido de agua</i>	<i>Límite Líquido</i>	<i>Límite plástico</i>	<i>Índice de plasticidad</i>	<i>Clasificación SUCS</i>	<i>Clasificación AASHTO</i>	<i>Denominación AASHTO</i>
8.67	54.00	16.00	38.00	CH	A-6	Arcilla de baja plasticidad
Granulometría (%)	<i>Grava</i>		0%			
	<i>Arena</i>		0%			
	<i>Finos</i>		100%			

LÍMITE LÍQUIDO	
HUMEDAD %	GOLPES (LOG)
56	1.20
55	1.25
54	1.30
53	1.35
52	1.40
51	1.45
	1.50
	1.55
	1.60

Elaborado por: Guajala, 2020.

La figura cerámica obtenida de esta arcilla, tuvo una cocción a un rango de temperatura entre 1020 y 1050 C, por un lapso de 7 horas 15 minutos. Su resultado fue una figura uniforme, no presenta fisuramiento, su contracción lineal total es de 10%, (ver cuadro 17).

Cuadro 17. Resultados físico cerámicos de la muestra LJ-R-1.

Contracción Lineal Total [%]	Factor de contracción	Pérdidas Por Ignición (LOI) [%]	Color de quema
10.00	1.11	7.69	Rojizo pálido

Elaborado por: Guajala, 2020.

En referencia al tamaño del molde en donde fue vaciado para su formación, se consideró el eje longitudinal de 5 cm. Presenta deformación piropiástica; color uniforme y tonalidad es de color: rojizo pálido (ver figura 38).



Figura 38. Pieza cerámica de la muestra LJ-R-1.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 70.00%, Al₂O₃; 20.80%, CaO; 0.64%, P₂O₅; 0.11%, K₂O; 3.78%, Fe₂O₃; 6.04%, TiO₂; 0.78%, MgO; 0% (ver figura 39).

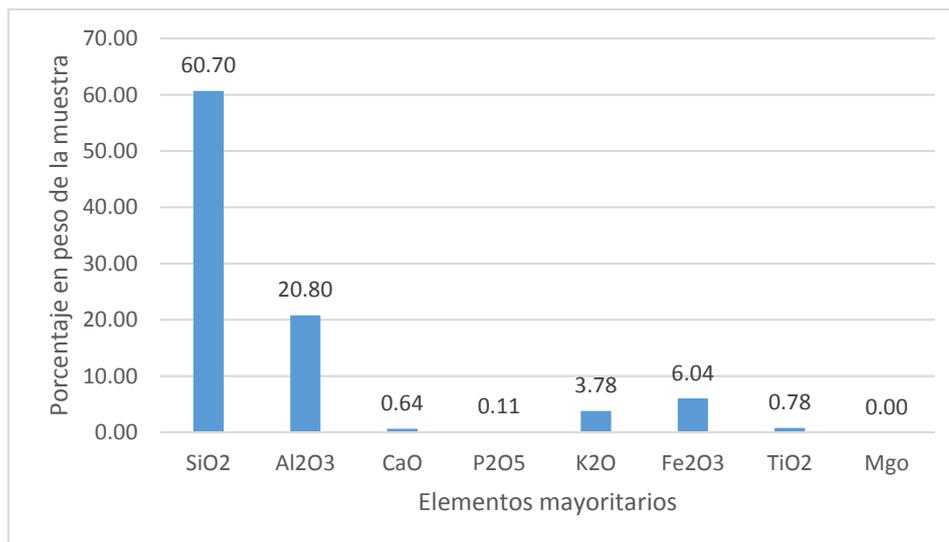


Figura 39. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-1.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra LJ-R-2

La muestra fue recolectada en el sector San Francisco, parroquia Malacatos, del cantón Loja. En las coordenadas UTM, WGS 84: 692287E; 9537627N; 1836 m s. n. m. En el lugar afloran mayoritariamente arcillas de tonalidades grises y pequeñas capas rojizas. Sus características físicas se detallan a continuación.

Cuadro 18. Características Físicas de la Muestra LJ-R-2.

Ensayo de Clasificación						
Contenido de agua	Límite Líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Denominación AASHTO
5.49	27.00	16.00	11.00	CL	A-6	Arcilla de baja plasticidad
Granulometría (%)	Grava		0%			
	Arena		9%			
	Finos		91%			

Elaborado por: Guajala, 2020.

La figura cerámica obtenida de esta arcilla, tuvo una cocción a un rango de temperatura entre 1020 y 1050 C, por un lapso de 7 horas 15 minutos. Su resultado fue una figura uniforme, no presenta fisuramiento, su contracción lineal total es de 5%, (ver cuadro 19).

Cuadro 19. Resultados físico cerámicos de la muestra LJ-R-2.

Contracción Lineal Total [%]	Factor de contracción	Pérdidas Por Ignición (LOI) [%]	Color de quema
5.00	1.05	7.02	Rojizo pálido

Elaborado por: Guajala, 2020.

En referencia al tamaño del molde en donde fue vaciado para su formación, se consideró el eje longitudinal de 5 cm. Presenta color uniforme y tonalidad es de color: rojizo pálido (ver figura 40).



Figura 40. Pieza cerámica de la muestra LJ-R-2.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 62.70%, Al₂O₃; 13.30%, CaO; 0.65%, P₂O₅; 0.36%, K₂O; 1.26%, Fe₂O₃; 1.66%, TiO₂; 0.52%, MgO; 0% (ver figura 41).

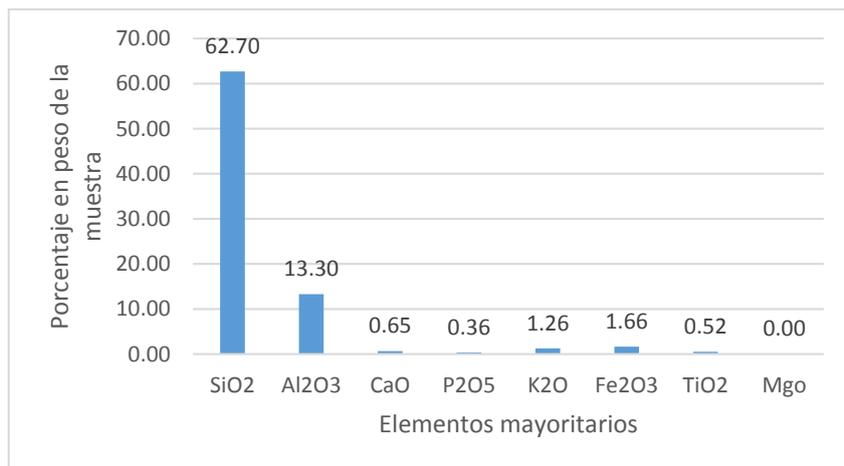


Figura 41. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-2
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra LJ-R-3

La muestra fue recolectada en el sector El Calvario de la ciudad Loja. En las coordenadas UTM, WGS 84: 701184E; 9558216N; 2262 m s. n. m. En el lugar afloran intercalaciones de materiales sedimentarios, mayoritariamente arcillas de tonalidades grises. Sus características físicas se detallan a continuación.

Cuadro 20. Características Físicas de la Muestra LJ-R-3.

Ensayo de Clasificación						
<i>Contenido de agua</i>	<i>Límite Líquido</i>	<i>Límite plástico</i>	<i>Índice de plasticidad</i>	<i>Clasificación SUCS</i>	<i>Clasificación AASHTO</i>	<i>Denominación AASHTO</i>
2.43	38.00	12.00	26.00	CL	A-6	Arcilla de baja plasticidad
Granulometría (%)	<i>Grava</i>		0%			
	<i>Arena</i>		1%			
	<i>Finos</i>		99%			

GOLPES (LOG)	HUMEDAD %
1.30	40.0
1.40	38.5
1.48	37.5
1.55	36.5

Elaborado por: Guajala, 2020.

La figura cerámica obtenida de esta arcilla, tuvo una cocción a un rango de temperatura entre 1020 y 1050 C, por un lapso de 7 horas 15 minutos. Su resultado fue una figura uniforme, no presenta fisuramiento, su contracción lineal total es de 13%, (ver cuadro 21).

Cuadro 21. Resultados físico cerámicos de la muestra LJ-R-3.

Contracción Lineal Total [%]	Factor de contracción	Pérdidas Por Ignición (LOI) [%]	Color de quema
13.00	1.15	7.32	Rosado claro

Elaborado por: Guajala, 2020.

En referencia al tamaño del molde en donde fue vaciado para su formación, se consideró el eje longitudinal de 5 cm. Presenta color uniforme y tonalidad es de color: rosado claro (ver figura 42).



Figura 42. Pieza cerámica de la muestra LJ-R-3.

Elaborado por: Guajala, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 49.20%, Al₂O₃; 23.6%, CaO; 0.38%, P₂O₅; 0.32%, K₂O; 3.19%, Fe₂O₃; 1.46%, TiO₂; 0.34%, MgO; 3.99% (ver figura 43).

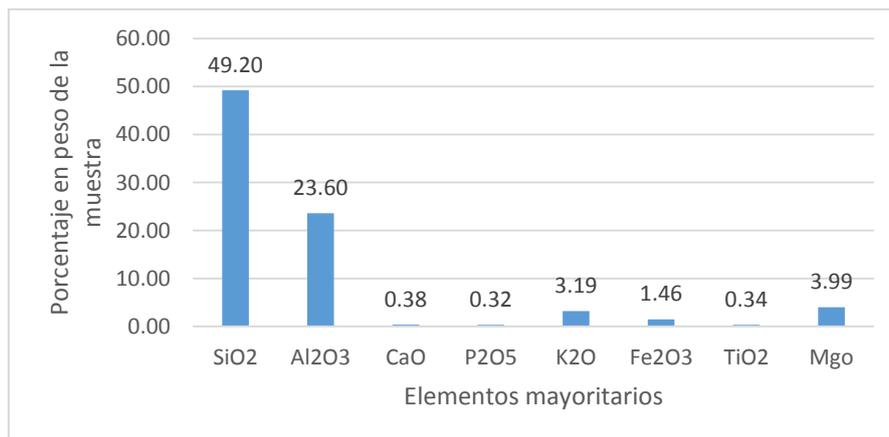


Figura 43. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-3.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra LJ-R-5

La muestra fue recolectada en la vía antigua Loja -Chuquiribamba. En las coordenadas UTM, WGS 84: 691650E; 9568798N; 2481 m s. n. m. El sitio se halla en una concesión minera denominada Alfadomus 1 y afloran principalmente arcillas de color gris y rocas volcánicas en proceso de caolinización de color blanquecino. Sus características físicas se detallan a continuación.

Cuadro 22. Características Físicas de la Muestra LJ-R-5.

Ensayo de Clasificación						
Contenido de agua	Límite Líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Denominación AASHTO
2.48	36.00	17.00	19.00	CL	A-6	Arcilla de baja plasticidad
Granulometría (%)	Grava		0%			
	Arena		36%			
	Finos		64%			

LÍMITE LÍQUIDO	
HUMEDAD %	GOLPES (LOG)
38	1.30
37	1.40
36	1.48
35	1.55

Elaborado por: Guajala, 2020.

La figura cerámica obtenida de esta arcilla, tuvo una cocción a un rango de temperatura entre 1020 y 1050 C, por un lapso de 7 horas 15 minutos. Su resultado fue una figura uniforme, presenta fisuramiento, y muy poca cohesión des sus partículas después de la quema, su contracción lineal total es de 2%, (ver cuadro 23).

Cuadro 23. Resultados físico cerámicos de la muestra LJ-R-5.

Contracción Lineal Total [%]	Factor de contracción	Pérdidas Por Ignición (LOI) [%]	Color de quema
2.00	1.02	9.09	Rojizo pálido

Elaborado por: Guajala, 2020.

En referencia al tamaño del molde en donde fue vaciado para su formación, se consideró el eje longitudinal de 5 cm. Presenta color uniforme y tonalidad es de color: Rosado claro (ver figura 44).



Figura 44. Pieza cerámica de la muestra LJ-R-5.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 63.30%, Al₂O₃; 22.5 %, CaO; 0.13%, P₂O₅; 0.29%, K₂O; 1.6%, Fe₂O₃; 1.11%, TiO₂; 0.15%, MgO; 3.02% (ver figura 45).

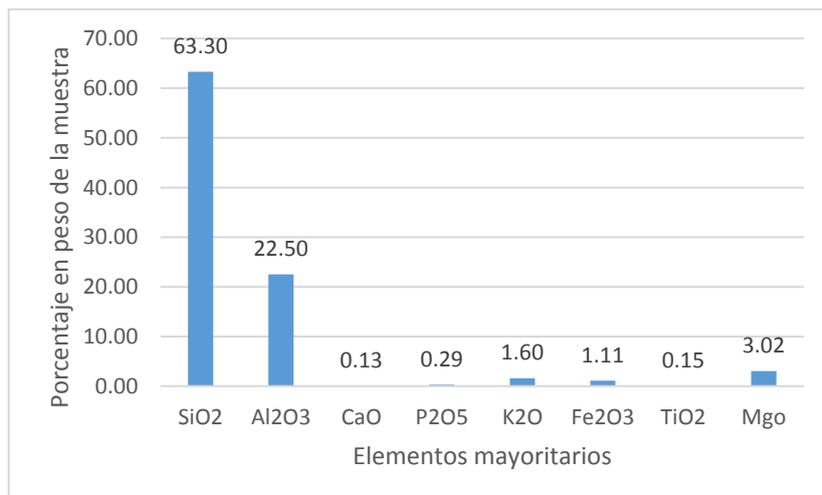


Figura 45. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-5.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra LJ-R-7

La muestra fue recolectada en sector Salapa Alto del cantón Loja. En las coordenadas UTM, WGS 84: 693606E; 9568778N; 2577 m s. n. m. En sitio se han realizado con anterioridad la explotación de caolín. El cual tiene un color crema. Sus características físicas se detallan a continuación.

Cuadro 24. Características Físicas de la Muestra LJ-R-7.

Ensayo de Clasificación						
Contenido de agua	Límite Líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Denominación AASHTO
4.74	47.00	16.00	31.00	CL	A-7-6	Arcilla de baja plasticidad
Granulometría (%)	Grava		0%			
	Arena		11%			
	Finos		89%			

GOLPES (LOG)	HUMEDAD %
1.30	49.0
1.40	48.0
1.48	47.0
1.55	46.0

Elaborado por: Guajala, 2020.

La figura cerámica obtenida de esta arcilla, tuvo una cocción a un rango de temperatura entre 1020 y 1050 C, por un lapso de 7 horas 15 minutos. Su resultado fue una figura uniforme, no presenta fisuramiento, su contracción lineal total es de 5%, (ver cuadro 25).

Cuadro 25. Resultados físico cerámicos de la muestra LJ-R-7.

Contracción Lineal Total [%]	Factor de contracción	Pérdidas Por Ignición (LOI) [%]	Color de quema
5.00	1.05	12.24	Crema

Elaborado por: Guajala, 2020.

En referencia al tamaño del molde en donde fue vaciado para su formación, se consideró el eje longitudinal de 5 cm. Presenta color uniforme y tonalidad es de color: Crema (ver figura 46).

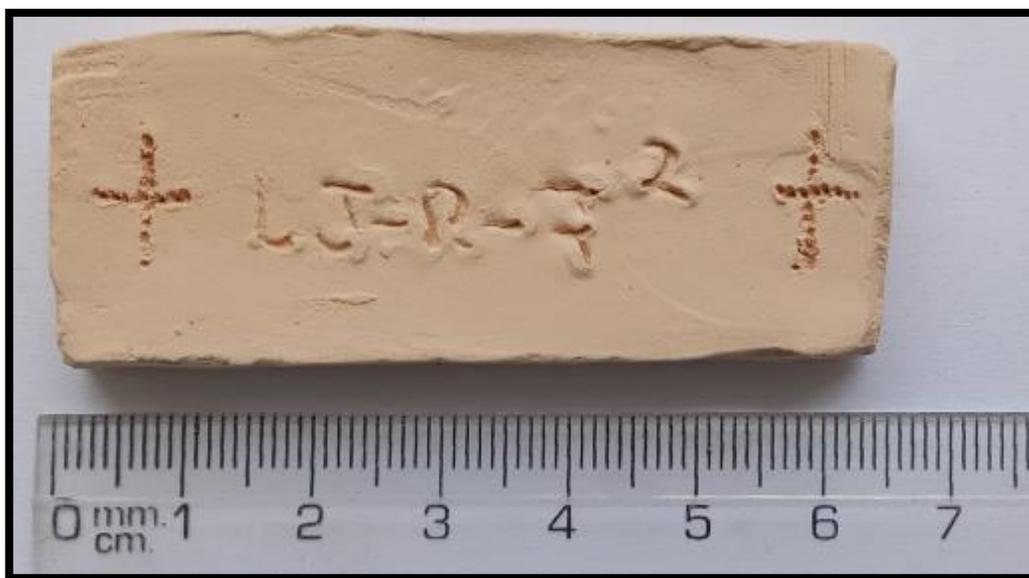


Figura 46. Pieza cerámica de la muestra LJ-R-7.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 59.60%, Al₂O₃; 24.90%, CaO; 0.11%, P₂O₅; 0.25%, K₂O; 0.99%, Fe₂O₃; 1.03%, TiO₂; 0.11%, MgO; 0% (ver figura 47).

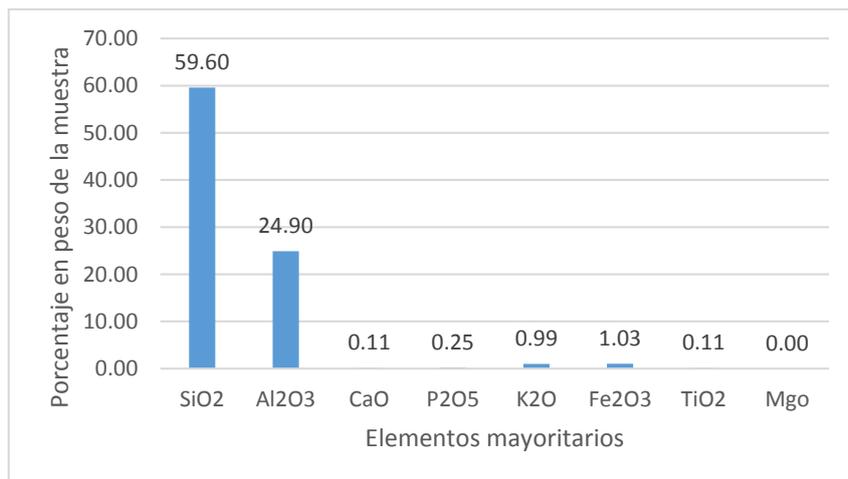


Figura 47. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-7.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra SR-R-7

La muestra fue recolectada en la parroquia Sumaypamba del cantón Saraguro. En las coordenadas UTM, WGS 84: 683870E; 9627490N; 1129m s. n. m. En el sitio existe una intercalación de material sedimentario, mayoritariamente Lutitas. Sus características físicas se detallan a continuación.

Cuadro 26. Características Físicas de la Muestra SR-R-7.

Ensayo de Clasificación						
Contenido de agua	Límite Líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Denominación AASHTO
7.25	53.00	19.00	34.00	CH	A-7-6	Arcilla de baja plasticidad
Granulometría (%)	Grava		0%			
	Arena		1%			
	Finos		99%			

GOLPES (LOG)	HUMEDAD %
1.30	54.5
1.40	53.0
1.48	51.5
1.55	51.0

Elaborado por: Guajala, 2020.

La figura cerámica obtenida de esta arcilla, tuvo una cocción a un rango de temperatura entre 1020 y 1050 C, por un lapso de 7 horas 15 minutos. Su resultado fue una figura uniforme, su contracción lineal total es de 10%, (ver cuadro 27).

Cuadro 27. Resultados físico cerámicos de la muestra SR-R-7.

Contracción Lineal Total [%]	Factor de contracción	Pérdidas Por Ignición (LOI) [%]	Color de quema
10.00	1.11	20.51	Rojizo intenso

Elaborado por: Guajala, 2020.

En referencia al tamaño del molde en donde fue vaciado para su formación, se consideró el eje longitudinal de 5 cm. No presenta fisuramiento, su color es uniforme y tonalidad es de color: Rojizo oscuro (ver figura 48).



Figura 48. Pieza cerámica de la muestra SR-R-7

Elaborado por: Guajala, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 60.00%, Al₂O₃; 19.10%, CaO; 2.54%, P₂O₅; 0.44%, K₂O; 1.62%, Fe₂O₃; 5.07%, TiO₂; 0.65%, MgO; 1.47% (ver figura 49).

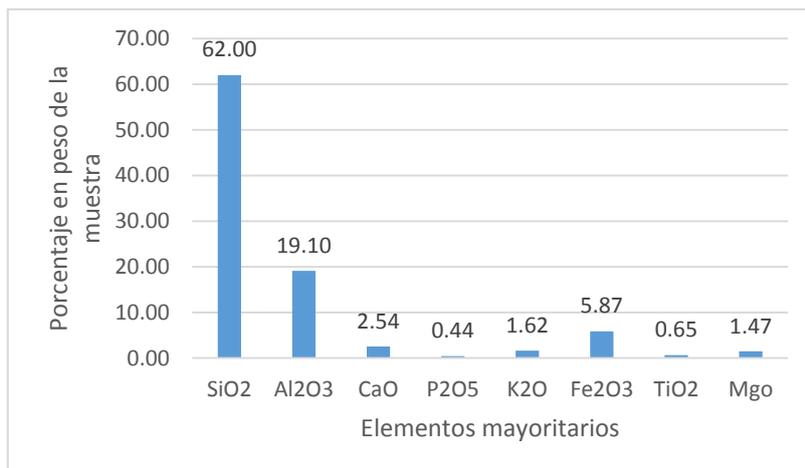


Figura 49. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra SR-R-7
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra LJ-R-10

La muestra fue recolectada en el sector Amable María de la ciudad de Loja. En las coordenadas UTM, WGS 84: 698785E; 9564032N; 2162m s. n. m. En el sitio existe una intercalación de Lutitas con finas capas de limos. Sus características físicas se detallan a continuación.

Cuadro 28. Características Físicas de la Muestra LJ-R-10.

Ensayo de Clasificación						
Contenido de agua	Límite Líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Denominación AASHTO
20.58	48.00	17.00	31.00	CL	A-7-6	Arcilla de baja plasticidad
Granulometría (%)	Grava		0%			
	Arena		9%			
	Finos		91%			

GOLPES (LOG)	HUMEDAD %
1.30	49.0
1.40	48.0
1.48	47.0
1.55	46.0

Elaborado por: Guajala, 2020.

La figura cerámica obtenida de esta arcilla, tuvo una cocción a un rango de temperatura entre 1020 y 1050 C, por un lapso de 7 horas 15 minutos. Su resultado fue una figura uniforme, su contracción lineal total es de 5%, (ver cuadro 29).

Cuadro 29. Resultados físico cerámicos de la muestra LJ-R-10.

Contracción Lineal Total [%]	Factor de contracción	Pérdidas Por Ignición (LOI) [%]	Color de quema
5.00	1.05	13.33	Café claro

Elaborado por: Guajala, 2020.

En referencia al tamaño del molde en donde fue vaciado para su formación, se consideró el eje longitudinal de 5 cm. No presenta fisuramiento, su color es uniforme y tonalidad es de color: café claro (ver figura 50).

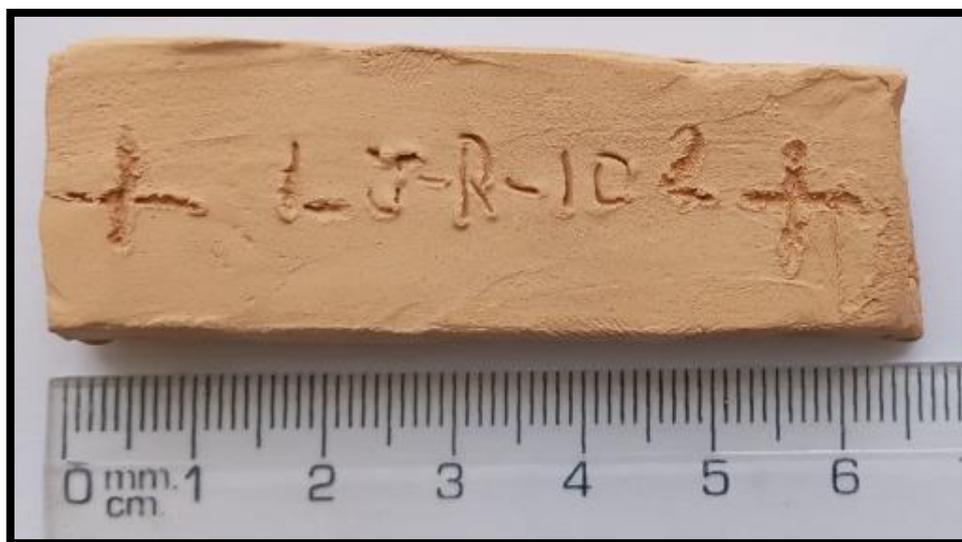


Figura 50. Pieza cerámica de la muestra LJ-R-10.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 62.80%, Al₂O₃; 18.40%, CaO; 0.18%, P₂O₅; 0.26%, K₂O; 1.60%, Fe₂O₃; 1.76%, TiO₂; 0.43%, MgO; 1.42% (ver figura 51).

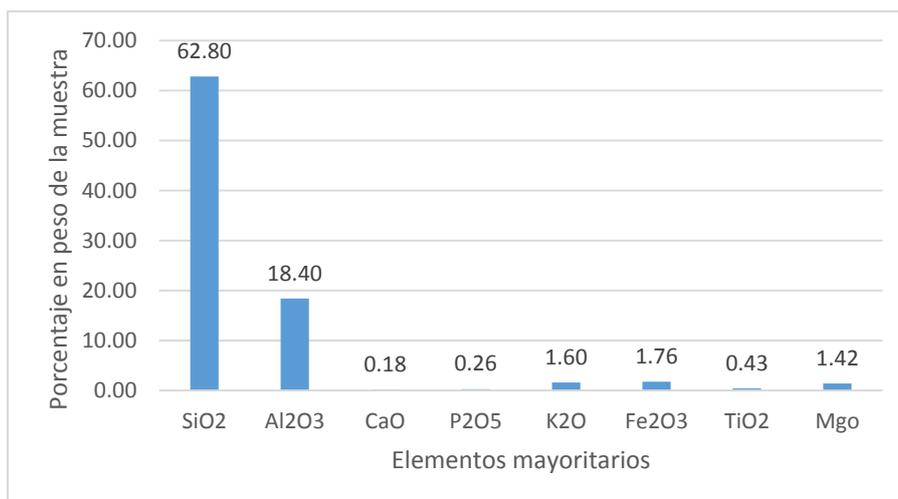


Figura 51. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-10
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra SR-R-14

La muestra fue recolectada en el sector El Tablón del catón Saraguro. En las coordenadas UTM, WGS 84: 703118E; 9611130N; 2906 m s. n. m. En el afloran tobas dacíticas muy alteradas. Sus características físicas se detallan a continuación.

Cuadro 30. Características Físicas de la Muestra SR-R-14.

Ensayo de Clasificación						
Contenido de agua	Límite Líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Denominación AASHTO
6.74	41.00	19.00	22.00	CL	A-7-6	Arcilla de baja plasticidad
Granulometría (%)	Grava		0%			
	Arena		10%			
	Finos		90%			

GOLPES (LOG)	HUMEDAD %
1.30	42.8
1.40	41.8
1.48	40.8
1.55	40.0

Elaborado por: Guajala, 2020.

La figura cerámica obtenida de esta arcilla, tuvo una cocción a un rango de temperatura entre 1020 y 1050 C, por un lapso de 7 horas 15 minutos. Su resultado fue una figura uniforme, su contracción lineal total es de 3%, (ver cuadro 31).

Cuadro 31. Resultados físico cerámicos de la muestra SR-R-14.

Contracción Lineal Total [%]	Factor de contracción	Pérdidas Por Ignición (LOI) [%]	Color de quema
3.00	1.03	6.82	Café claro

Elaborado por: Guajala, 2020.

En referencia al tamaño del molde en donde fue vaciado para su formación, se consideró el eje longitudinal de 5 cm. No presenta fisuramiento, su color es uniforme y tonalidad es de color: crema (ver figura 52).

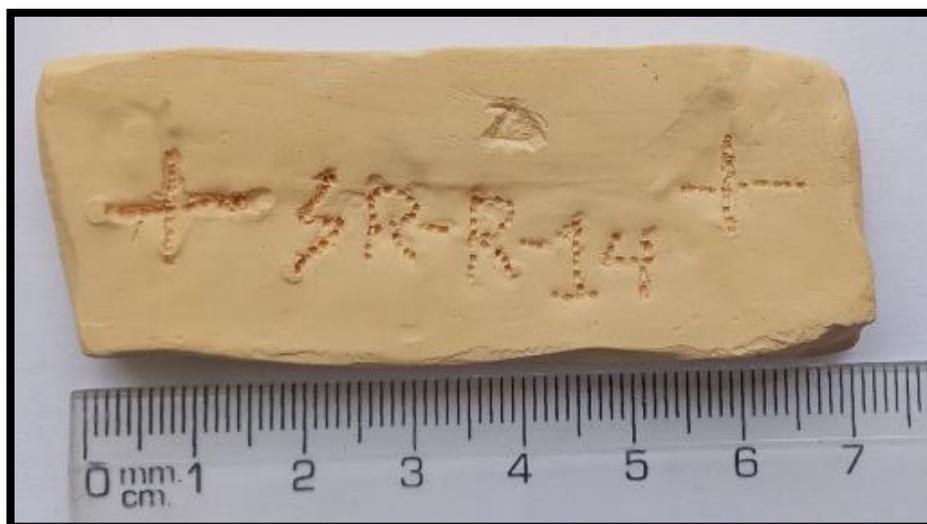


Figura 52. Pieza cerámica de la muestra SR-R-14.

Elaborado por: Guajala, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 65.80%, Al₂O₃; 18.40%, CaO; 1.32%, P₂O₅; 0.34%, K₂O; 1.57%, Fe₂O₃; 0.99%, TiO₂; 0.23%, MgO; 0.088% (ver figura 53).

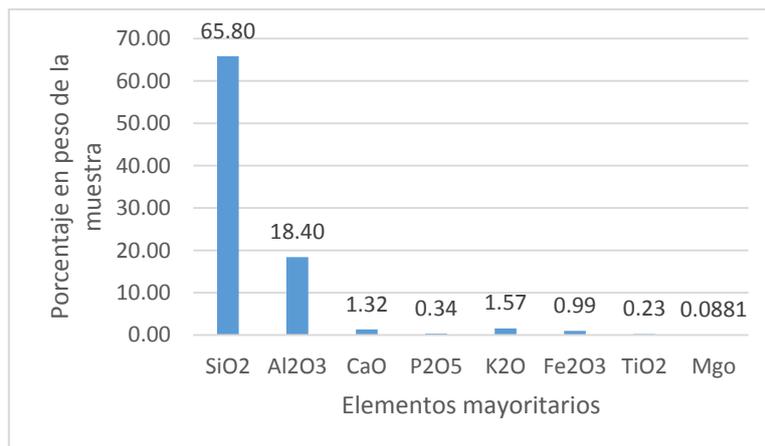


Figura 53. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra SR-R-14
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra SR-R-15

La muestra fue recolectada en el sector Urdaneta del cantón Saraguro. En las coordenadas UTM, WGS 84: 700001E; 9602999N; 2831 m s. n. m. En el afloran tobas dacíticas muy alteradas. Sus características físicas se detallan a continuación.

Cuadro 32. Características Físicas de la Muestra SR-R-15.

Ensayo de Clasificación						
<i>Contenido de agua</i>	<i>Límite Líquido</i>	<i>Límite plástico</i>	<i>Índice de plasticidad</i>	<i>Clasificación SUCS</i>	<i>Clasificación AASHTO</i>	<i>Denominación AASHTO</i>
22.07	40.00	18.00	22.00	CL	A-6	Arcilla de baja plasticidad
Granulometría (%)	<i>Grava</i>		0%			
	<i>Arena</i>		35%			
	<i>Finos</i>		65%			

Elaborado por: Guajala, 2020.

La figura cerámica obtenida de esta arcilla, tuvo una cocción a un rango de temperatura entre 1020 y 1050 C, por un lapso de 7 horas 15 minutos. Su resultado fue una figura uniforme, su contracción lineal total es de 12%, (ver cuadro 33).

Cuadro 33. Resultados físico cerámicos de la muestra SR-R-15.

Contracción Lineal Total [%]	Factor de contracción	Pérdidas Por Ignición (LOI) [%]	Color de quema
12.00	1.14	19.44	Café claro

Elaborado por: Guajala, 2020.

En referencia al tamaño del molde en donde fue vaciado para su formación, se consideró el eje longitudinal de 5 cm. No presenta fisuramiento, su color es uniforme y tonalidad es de color: rosado pálido (ver figura 54).

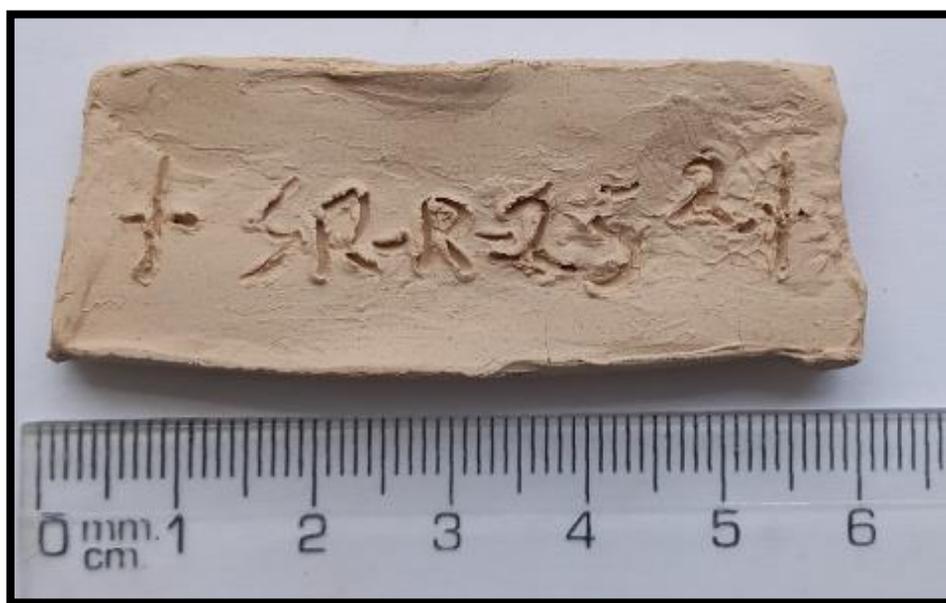


Figura 54. Pieza cerámica de la muestra SR-R-15.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 48.70%, Al₂O₃; 36.70 %, CaO; 0.56%, P₂O₅; 0.25%, K₂O; 0.22%, Fe₂O₃; 1.59%, TiO₂; 0.32%, MgO; 2.1% (ver figura 55).

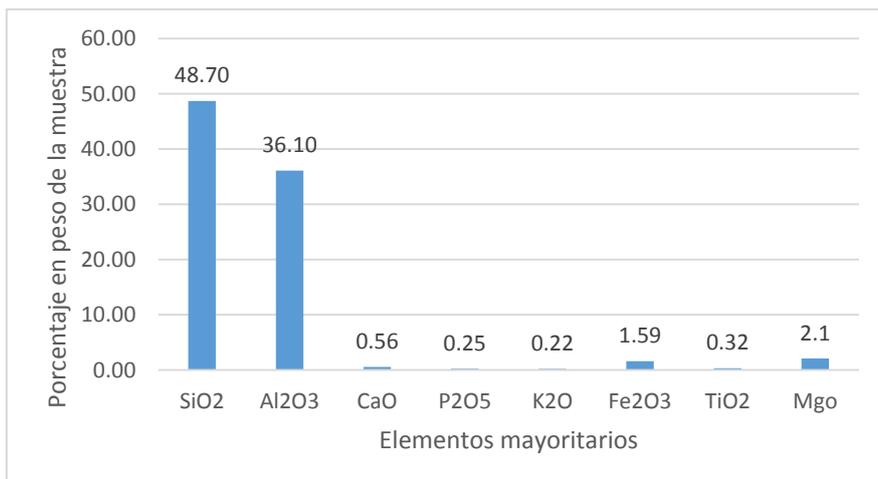


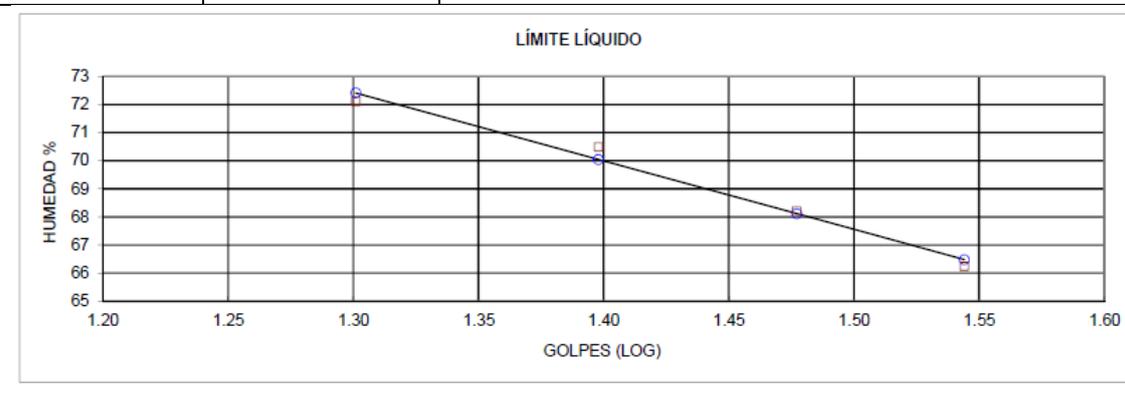
Figura 55. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra SR-R-15.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra LJ-R-4

La muestra fue recolectada en el sector EL Calvario, Vía Loja – Zamora. En las coordenadas UTM, WGS 84: 700971E; 9558630N; 2234 m s. n. m. En el lugar afloran lutitas de color crema, intercalado con pequeñas capas de limos. Sus características físicas se detallan a continuación.

Cuadro 34. Características Físicas de la Muestra LJ-R-4.

Ensayo de Clasificación						
Contenido de agua	Límite Líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Denominación AASHTO
23.04	70.00	37.00	33.00	MH	A-7-5	Limo de alta plasticidad
Granulometría (%)	Grava		0%			
	Arena		2%			
	Finos		98%			



Elaborado por: Guajala, 2020.

La figura cerámica obtenida de esta arcilla, tuvo una cocción a un rango de temperatura entre 1020 y 1050 C, por un lapso de 7 horas 15 minutos. Su resultado fue una figura uniforme, su contracción lineal total es de 12%, (ver cuadro 35).

Cuadro 35. Resultados físico cerámicos de la muestra LJ-R-4.

Contracción Lineal Total [%]	Factor de contracción	Pérdidas Por Ignición (LOI) [%]	Color de quema
7.00	1.08	15.09	Crema

Elaborado por: Guajala, 2020.

En referencia al tamaño del molde en donde fue vaciado para su formación, se consideró el eje longitudinal de 5 cm. No presenta fisuramiento, su color es uniforme y tonalidad es de color: crema (ver figura 56).

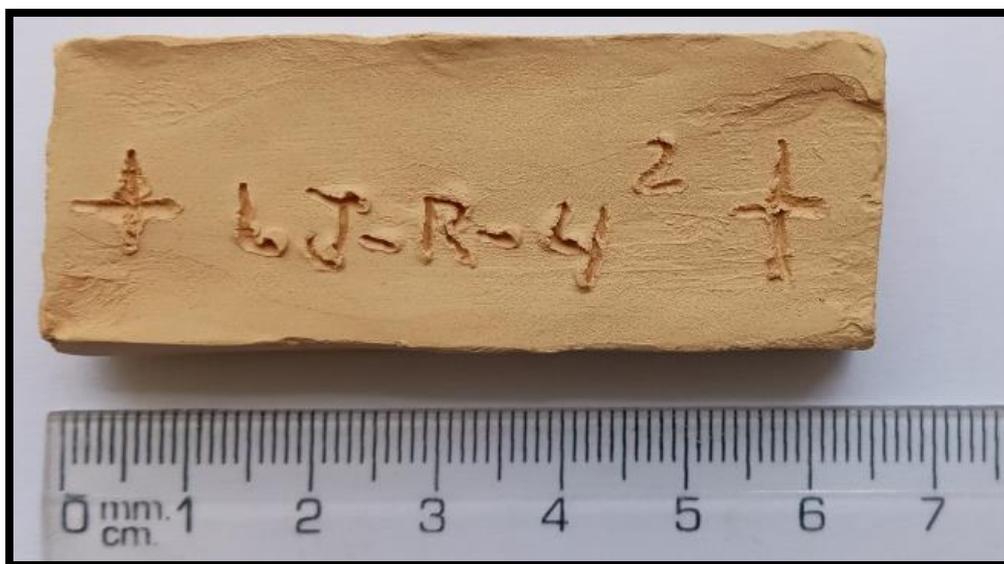


Figura 56. Pieza cerámica de la muestra LJ-R-4.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 57.30%, Al₂O₃; 19.20%, CaO; 0.36%, P₂O₅; 0.29%, K₂O; 1.66%, Fe₂O₃; 1.90%, TiO₂; 0.41%, MgO; 0.38% (ver figura 57).

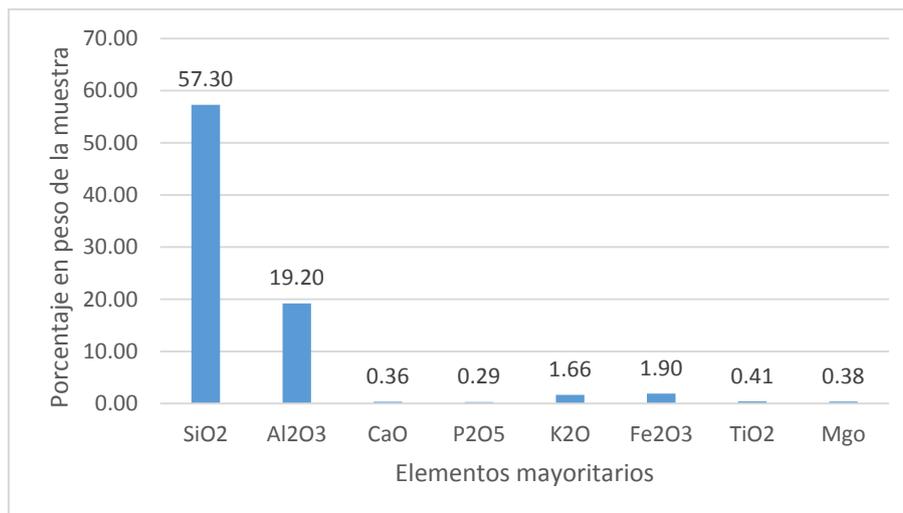


Figura 57. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-4.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra SR-R-18

La muestra fue recolectada sobre la vía Panamericana, en el tramo San Lucas-Saraguro. En las coordenadas UTM, WGS 84: 693966E; 9596713N; 2896 m s. n. m. En el lugar tobas riolíticas altamente meteorizadas, que han dado lugar a arcillas con buena plasticidad. Sus características físicas se detallan a continuación.

Cuadro 36. Características Físicas de la Muestra SR-R-18.

Ensayo de Clasificación						
Contenido de agua	Límite Líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Denominación AASHTO
15.29	43.00	16.00	27.00	CL	A-7-6	Limo de baja plasticidad
Granulometría (%)	Grava		0%			
	Arena		31%			
	Finos		69%			

LÍMITE LÍQUIDO	
HUMEDAD %	GOLPES (LOG)
45	1.30
44	1.40
43	1.48
42	1.55

Elaborado por: Guajala, 2020.

La figura cerámica obtenida de esta arcilla, tuvo una cocción a un rango de temperatura entre 1020 y 1050 C, por un lapso de 7 horas 15 minutos. Su resultado fue una figura uniforme, su contracción lineal total es de 12%, (ver cuadro 37).

Cuadro 37. Resultados físico cerámicos de la muestra SR-R-18.

Contracción Lineal Total [%]	Factor de contracción	Pérdidas Por Ignición (LOI) [%]	Color de quema
5.00	1.05	11.76	Blanco hueso

Elaborado por: Guajala, 2020.

En referencia al tamaño del molde en donde fue vaciado para su formación, se consideró el eje longitudinal de 5 cm. Presenta fisuramiento, su color es uniforme y tonalidad es de color: blanco hueso (ver figura 58).

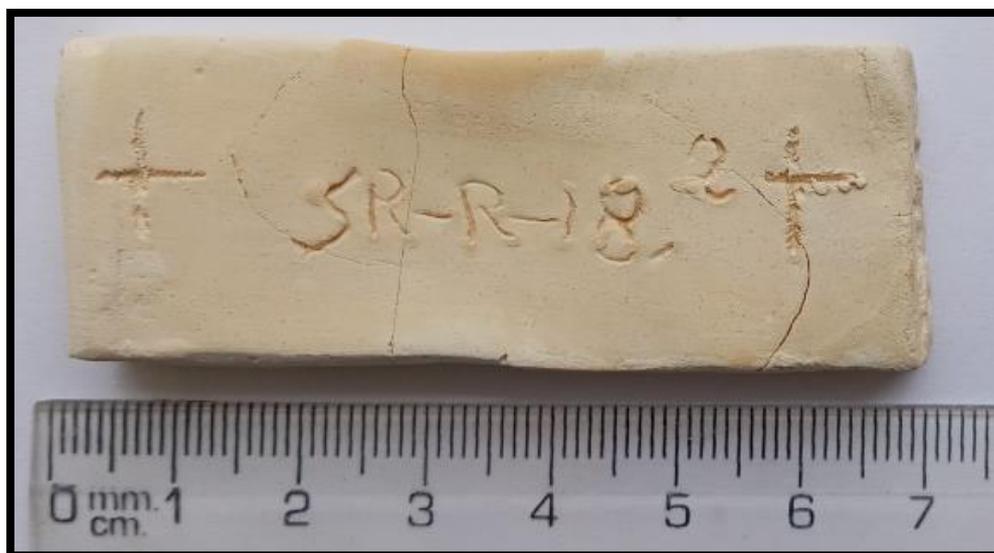


Figura 58. Pieza cerámica de la muestra SR-R-18.

Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra LJ-R-6

La muestra fue recolectada en el sector de Cera, en la vía antigua Loja- Cera. En las coordenadas UTM, WGS 84: 691276E; 9569123N; 2429 m s. n. m. En el lugar afloran tobas riolíticas en proceso caolinización. Sus características físicas se detallan a continuación.

Cuadro 38. Características Físicas de la Muestra LJ-R-6.

Ensayo de Clasificación						
Contenido de agua	Límite Líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Denominación AASHTO
5.56	--	--	--	ML	A-4	Limo de baja plasticidad
Granulometría (%)	Grava		0%			
	Arena		22%			
	Finos		78%			

Elaborado por: Guajala, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 64.70%, Al₂O₃; 21%, CaO; 0.16%, P₂O₅; 0.25%, K₂O; 1.62%, Fe₂O₃; 0.59%, TiO₂; 0.09%, MgO; 0.546% (ver figura 59).

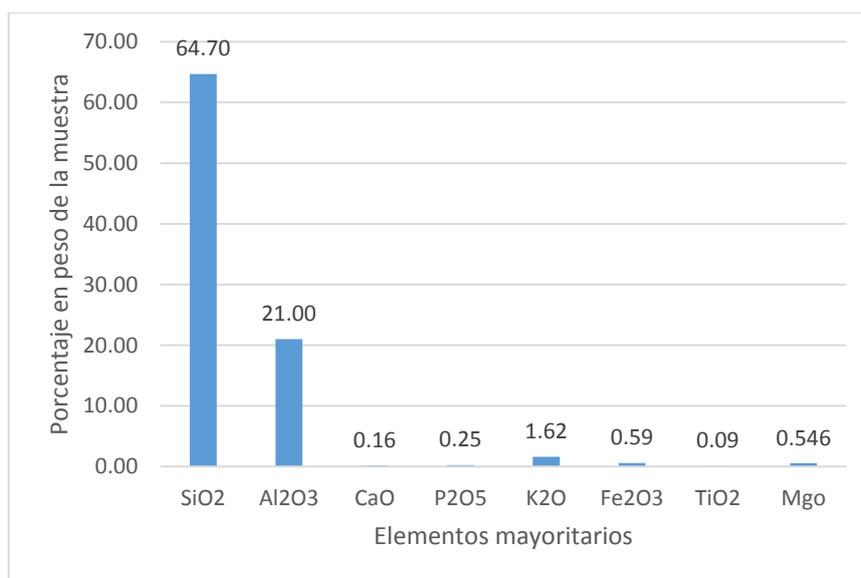


Figura 59. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-6.

Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra SR-R-8

La muestra fue recolectada en el sector El Arenal, Parroquia Tenta del cantón Saraguro. En las coordenadas UTM, WGS 84: 686995E; 9601058N; 2669 m s. n. m. En el lugar afloran tobas arenosas de color grisáceo y blanquecino, con un alto contenido de sílice. Sus características físicas se detallan a continuación.

Cuadro 39. Características Físicas de la Muestra SR-R-8.

Ensayo de Clasificación						
<i>Contenido de agua</i>	<i>Límite Líquido</i>	<i>Límite plástico</i>	<i>Índice de plasticidad</i>	<i>Clasificación SUCS</i>	<i>Clasificación AASHTO</i>	<i>Denominación AASHTO</i>
6.58	--	--	--	ML	A-4	Limo de baja plasticidad
Granulometría (%)	<i>Grava</i>		1%			
	<i>Arena</i>		30%			
	<i>Finos</i>		69%			

Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra SR-R-12

La muestra fue recolectada en la parroquia El Tablón del Cantón Saraguro. En las coordenadas UTM, WGS 84 697969E; 9615735N; 1822 m s. n. m. En el lugar afloran tobas riolíticas fuertemente meteorizadas. Sus características físicas se detallan a continuación.

Cuadro 40. Características Físicas de la Muestra SR-R-12.

Ensayo de Clasificación						
<i>Contenido de agua</i>	<i>Límite Líquido</i>	<i>Límite plástico</i>	<i>Índice de plasticidad</i>	<i>Clasificación SUCS</i>	<i>Clasificación AASHTO</i>	<i>Denominación AASHTO</i>
4.41	--	--	--	ML	A-4	Limo de baja plasticidad
Granulometría (%)	<i>Grava</i>		1%			
	<i>Arena</i>		8%			
	<i>Finos</i>		91%			

Elaborado por: Guajala, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 64.90%, Al₂O₃; 16.20%, CaO; 2.45%, P₂O₅; 0.32%, K₂O; 2.17%, Fe₂O₃; 1.05%, TiO₂; 0.22%, MgO; 2.55% (ver figura 60).

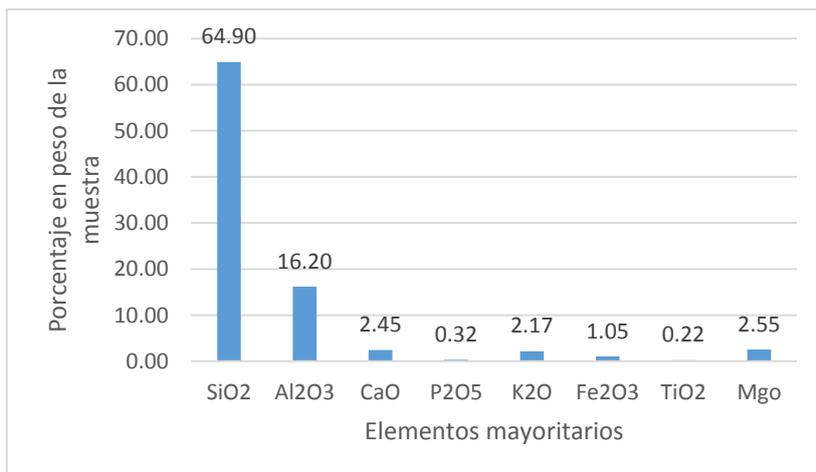


Figura 60. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra SR-R-12.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra LJ-R-9

La muestra fue recolectada en el sector Ceradario, Parroquia El Cisne del Cantón Loja. En las coordenadas UTM, WGS 84 676143E; 9577352N; 2402 m s. n. m. En el lugar afloran Lutitas y limolitas altamente oxidadas. Sus características físicas se detallan a continuación.

Cuadro 41. Características Físicas de la Muestra LJ-R-9.

Ensayo de Clasificación						
Contenido de agua	Límite Líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Denominación AASHTO
25.68	20.00	60.00	40.00	SC	A-7-6	Arena arcillosa de baja plasticidad
Granulometría (%)	Grava		0%			
	Arena		60%			
	Finos		40%			

LÍMITE LÍQUIDO	
HUMEDAD (%)	GOLPES (LOG)
46	1.30
45	1.40
44	1.48
43	1.55

Elaborado por: Guajala, 2020.

La figura cerámica obtenida de esta arcilla, tuvo una cocción a un rango de temperatura entre 1020 y 1050 C, por un lapso de 7 horas 15 minutos. Su resultado fue una figura uniforme, su contracción lineal total es de 8%, (ver cuadro 42).

Cuadro 42.Resultados físico cerámicos de la muestra LJ-R-9.

Contracción Lineal Total [%]	Factor de contracción	Pérdidas Por Ignición (LOI) [%]	Color de quema
8.00	1.09	17.39	Crema

Elaborado por: Guajala, 2020.

En referencia al tamaño del molde en donde fue vaciado para su formación, se consideró el eje longitudinal de 5 cm. No presenta fisuramiento, su color es uniforme y tonalidad es de color: rojizo oscuro (ver figura 61).



Figura 61. Pieza cerámica de la muestra LJ-R-9.

Elaborado por: Guajala, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 48.30%, Al₂O₃; 24.90%, CaO; 0.20%, P₂O₅; 0.55%, K₂O; 1.55%, Fe₂O₃; 14.10%, TiO₂; 1.10%, MgO; 3.39% (ver figura 62).

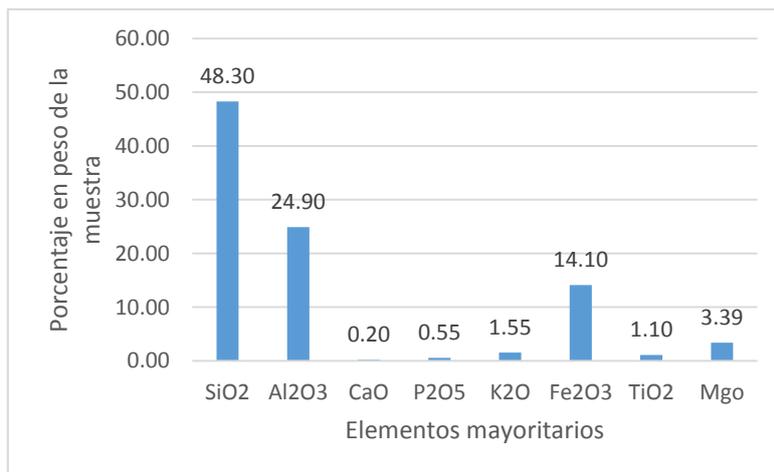


Figura 62. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-9.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra LJ-R-11

La muestra fue recolectada en el sector Ambocas, Parroquia El Cisne del Cantón Loja. En las coordenadas UTM, WGS 84: 667472E; 9577384N; 1672 m s. n. m. En el lugar afloran rocas graníticas fuertemente meteorizadas. Sus características físicas se detallan a continuación.

Cuadro 43. Características Físicas de la Muestra LJ-R-11.

Ensayo de Clasificación						
Contenido de agua	Límite Líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Denominación AASHTO
17.36	24.00	12.00	12.00	SC	A-6	Arena arcillosa de baja plasticidad
Granulometría (%)	Grava		1%			
	Arena		60%			
	Finos		39%			

GOLPES (LOG)	HUMEDAD (%)
1.30	25.5
1.40	24.5
1.48	23.5
1.55	23.0

Elaborado por: Guajala, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 60.20%, Al₂O₃; 22.30%, CaO; 0.15%, P₂O₅; 0.24%, K₂O; 2.14%, Fe₂O₃; 0.83%, TiO₂; 0.09%, MgO; 0% (ver figura 63).

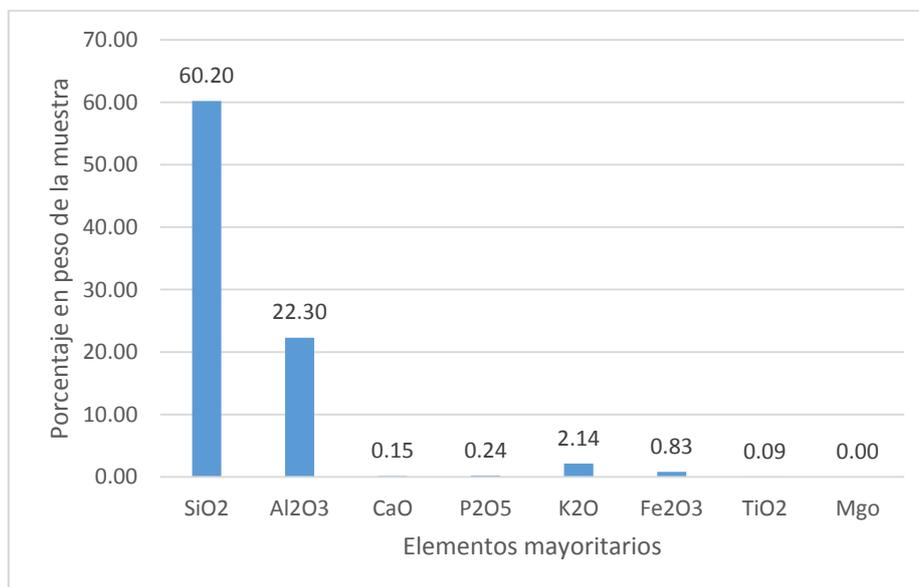
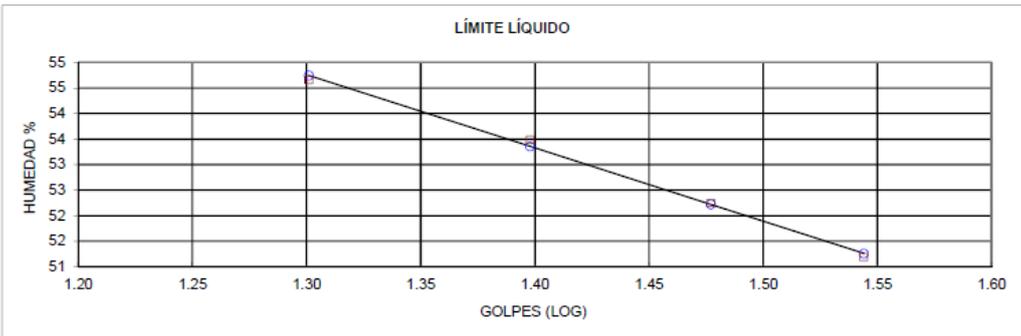


Figura 63. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-11.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra SR-R-22

La muestra fue recolectada en la parroquia El Tablón, del cantón Saraguro. En las coordenadas UTM, WGS 84: 704256E; 9614806N; 2384 m s. n. m. En el lugar afloran tobas riódacíticas fuertemente alteradas. Sus características físicas se detallan a continuación.

Cuadro 44. Características Físicas de la Muestra SR-R-22.

Ensayo de Clasificación						
Contenido de agua	Límite Líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Denominación AASHTO
10.77	53.00	27.00	26.00	SC	A-7-6	Arena arcillosa de baja plasticidad
Granulometría (%)	Grava		0%			
	Arena		64%			
	Finos		36%			
						

Elaborado por: Guajala, 2020.

La figura cerámica obtenida de esta arcilla, tuvo una cocción a un rango de temperatura entre 1020 y 1050 C, por un lapso de 7 horas 15 minutos. Su resultado fue una figura uniforme, su contracción lineal total es de 13%, (ver cuadro 45).

Cuadro 45. Resultados físico cerámicos de la muestra SR-R-22.

Contracción Lineal Total [%]	Factor de contracción	Pérdidas Por Ignición (LOI) [%]	Color de quema
13.00	1.15	19.23	Rojizo pálido

Elaborado por: Guajala, 2020.

En referencia al tamaño del molde en donde fue vaciado para su formación, se consideró el eje longitudinal de 5 cm. No presenta fisuramiento, su color es uniforme y tonalidad es de color: rojizo pálido (ver figura 64).



Figura 64. Pieza cerámica de la muestra SR-R-22.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 64.40%, Al₂O₃; 14.70%, CaO; 1.97%, P₂O₅; 0.41%, K₂O; 1.28%, Fe₂O₃; 2.04%, TiO₂; 0.32% (ver figura 65).

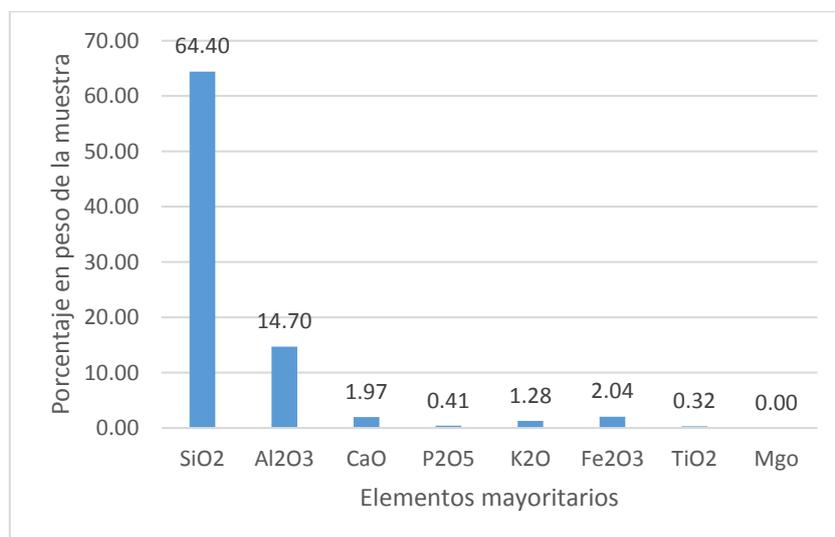


Figura 65. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra SR-R-22.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra SR-R-13

La muestra fue recolectada en la vía Saraguro –Oña, del cantón Saraguro. En las coordenadas UTM, WGS 84: 702423E; 9613184N; 2725 m s. n. m. En el lugar afloran

tobas de cristales de composición riolítica meteorizada. Sus características físicas se detallan a continuación.

Cuadro 46. Características Físicas de la Muestra SR-R-13.

Ensayo de Clasificación						
Contenido de agua	Límite Líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Denominación AASHTO
5.40	33.00	15.00	18.00	SC	A-6	Arena arcillosa de baja plasticidad
Granulometría (%)	Grava		0%			
	Arena		65%			
	Finos		35%			

Golpes (LOG)	Humedad (%)
1.30	34.5
1.40	33.5
1.48	32.5
1.55	31.5

Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra SR-R-21

La muestra fue recolectada en la parroquia Yúluc, del cantón Saraguro. En las coordenadas UTM, WGS 84: 674681E; 9628475N; 1283 m s. n. m. En el lugar afloran tobas riolíticas fuertemente alteradas.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 81.70%, Al₂O₃; 7.53%, CaO; 1.13%, P₂O₅; 0.37%, K₂O; 0.079%, Fe₂O₃; 0.30%, TiO₂; 0.76% (ver figura 66).

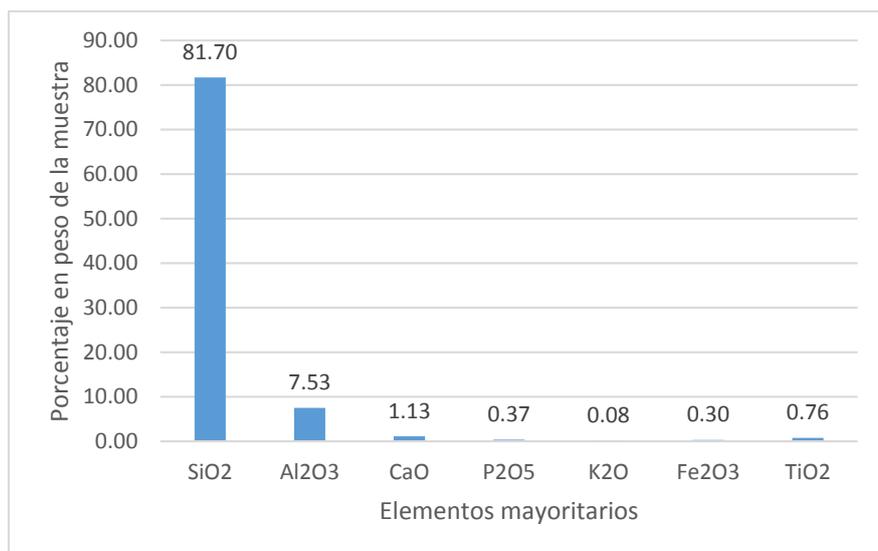


Figura 66. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra SR-R-21.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra SR-R-16

La muestra fue recolectada en el sector Carboncillo, parroquia Urdaneta, del cantón Saraguro. En las coordenadas UTM, WGS 84: 702220E; 9605632N; 3013 m s. n. m. En el lugar afloran tobas de composición acida fuertemente alteradas y estratificadas con tonos rojizos.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 72.20%, Al₂O₃; 13.30%, CaO; 0.88%, P₂O₅; 0.38%, K₂O; 3.77%, Fe₂O₃; 1.42%, TiO₂; 0.17% (ver figura 67).

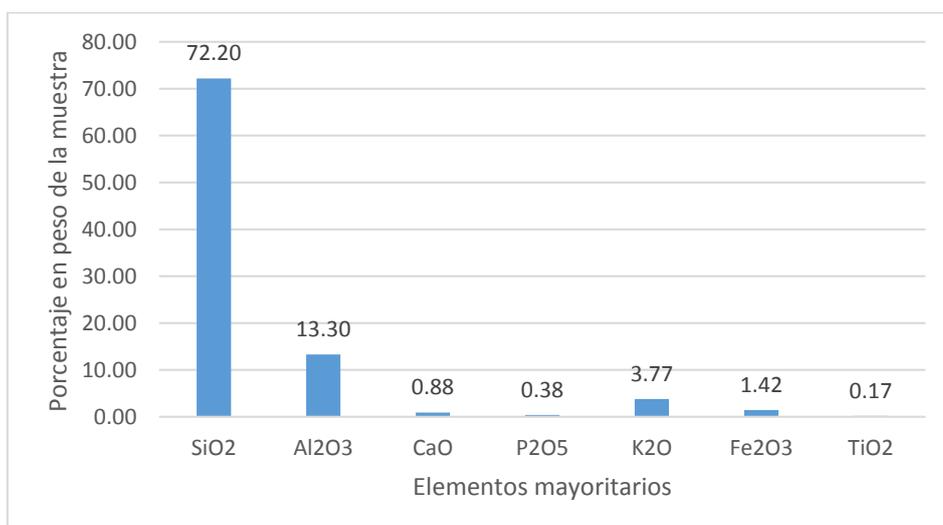


Figura 67. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra SR-R-16.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra SR-R-25

La muestra fue recolectada en la parroquia Tenta, del cantón Saraguro. En las coordenadas UTM, WGS 84: 692944E; 9600676N; 2802 m s. n. m. En el lugar afloran tobas riolíticas medianamente meteorizadas.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 66.00%, Al₂O₃; 19.00%, CaO; 0.41%, P₂O₅; 0.31%, K₂O; 2.86%, Fe₂O₃; 0.79%, TiO₂; 0.15% (ver figura 68).

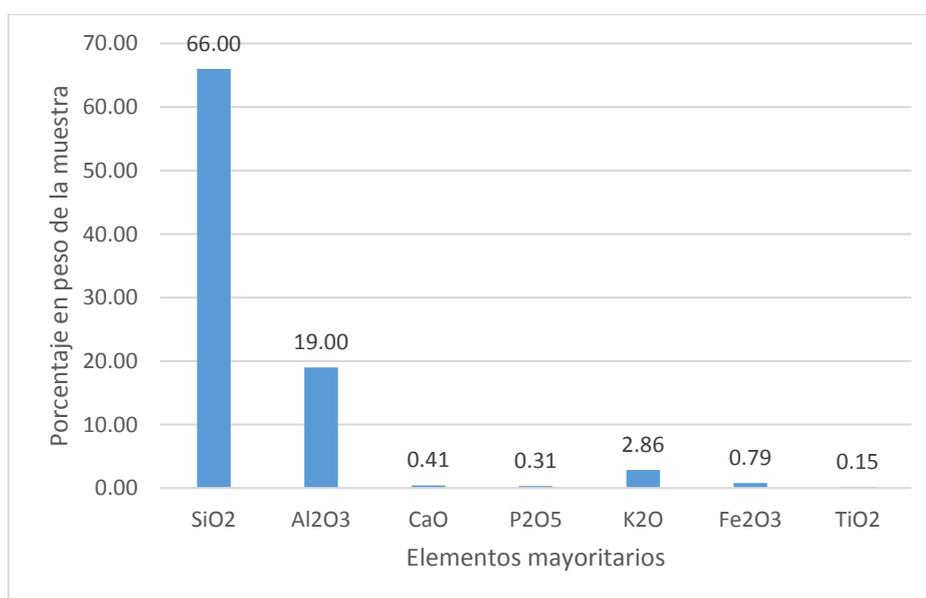


Figura 68. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra SR-R-25.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra LJ-R-19

La muestra fue recolectada en el sector Las Juntas del cantón Loja. En las coordenadas UTM, WGS 84: 694887E; 9577703N; 2027 m s. n. m. En el lugar afloran granodioritas de color grisáceo a blanquecino, con fenocristales de cuarzo, plagioclasas y biotita.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 72.00%, Al₂O₃; 14.70%, CaO; 1.95%, P₂O₅; 0.52%, K₂O; 5.18%, Fe₂O₃; 0.83%, TiO₂; 0.12% (ver figura 69).

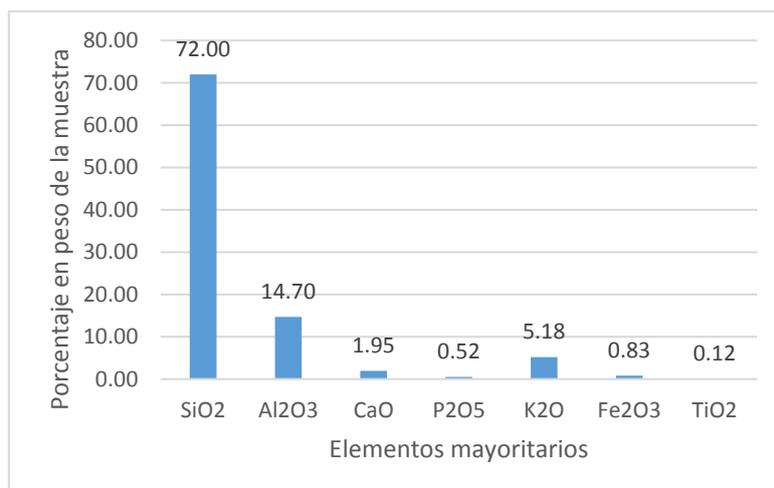


Figura 69. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-19.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Muestra LJ-R-24

La muestra fue recolectada en el sector Las Juntas del cantón Loja. En las coordenadas UTM, WGS 84: 697007E; 9576142N; 1985 m s. n. m. En el lugar afloran granodioritas de color grisáceo, con fenocristales de cuarzo, plagioclasas y biotita. Se observan diques decimétricos de plagioclasas que cortan el macizo rocoso.

Los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X, realizados por el laboratorio de Geoquímica Analítica de la UTPL, indica la siguiente composición química (% en peso): SiO₂; 60.70%, Al₂O₃; 15.00%, CaO; 2.43%, P₂O₅; 0.39%, K₂O; 2.46%, Fe₂O₃; 1.02%, TiO₂; 0.23% (ver figura 70).

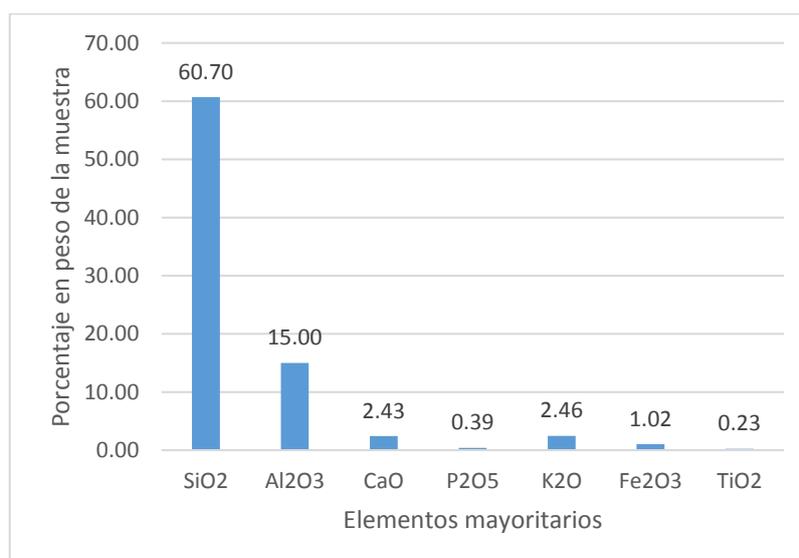


Figura 70. Representación porcentual de elementos mayoritarios y minoritarios en la muestra LJ-R-24.
Elaborado por: Guajala, 2020.

Las muestras tomadas en los diferentes lugares del área de estudio se visualizan geoespacialmente a través del mapa de muestras elaborado para el caso, ver anexo 4.

6.4. Resultados del tercer objetivo

En el Software QGis se creó la base de datos georeferenciada (Web Map) donde se incluyeron los resultados de las 25 muestras analizadas en esta investigación, además los indicios encontrados por el INIGEMM en el año 2011, los cuales suman un total de 31. Se incluyó también las concesiones mineras actualizadas, y que se muestran en el visor geográfico de la Agencia de Regulación y Control Minero, (ARCOM) relacionadas a la extracción de minerales no metálicos (arcillas, Yeso, Zeolita), las cuales suman un total de 13: de ellas cinco de arcilla, siete de yeso, una para zeolita.

Se incluyó los shapefiles de bosques protectores, y de áreas naturales protegidas, teniendo que todos los indicios encontrados están fuera del área natural protegida denominada “Parque Nacional Podocarpus”. Y seis indicios se ubican en zonas catalogadas como bosque Protector.

La base de datos georeferenciada incluye datos de los resultados de los ensayos físicos, cerámicos, químicos más importantes, a dicha base de datos se puede acceder de forma pública a través del siguiente enlace web: <http://diego.ec/tesis/>. (Ver figura 71).

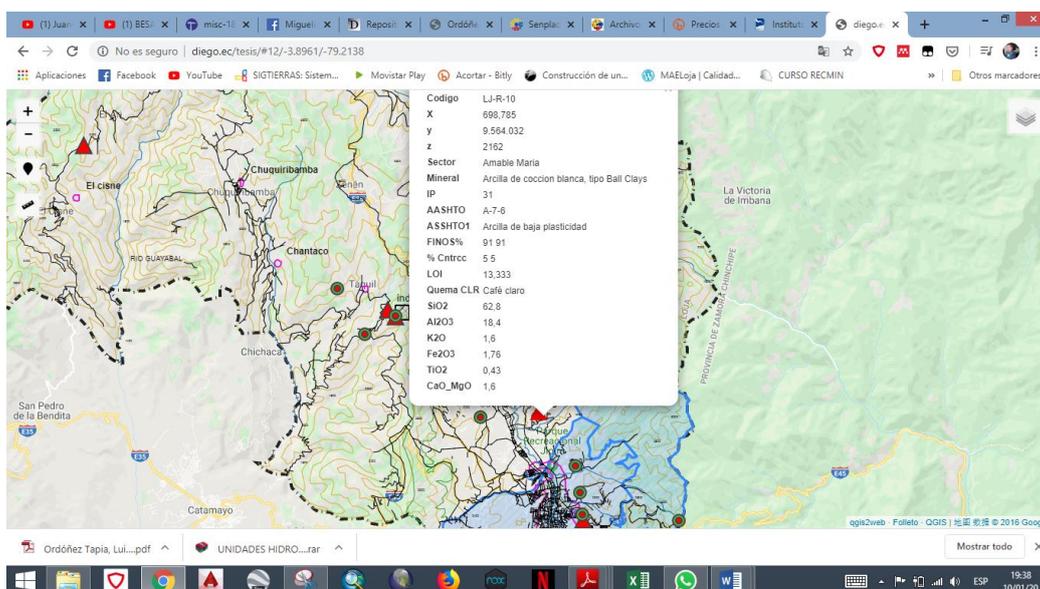


Figura 71. Captura de pantalla del Web Map realizado con QGis.
Elaborado por: Guajala, 2020

De igual manera se puede acceder al Web Map, producto de esta investigación, escaneando mediante un Smartphone el siguiente código QR (ver figura 72).



Figura 72. Código QR, del sitio web
Fuente: Denso Wave Incorporated, (2020)

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el área de estudio están ampliamente distribuidas rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, afloran desde las rocas más antiguas de edad Paleozoica, en el extremo oriental de la Cordillera de Los Andes, sobre las cuales se han asentado discordantemente de sur a norte; desde Quinara hasta la ciudad de Loja, secuencias sedimentarias mayormente Miocénicas. Desde la ciudad de Loja hacia el noroeste, donde se ubican las parroquias de Chantaco, Taquil, El Cisne, Chuquiribamba y Gualiel se han depositado secuencias volcánicas y volcano sedimentarias desde el Paleoceno hasta el Pleistoceno. Estas secuencias volcánicas continúan hacia el extremo norte del área de estudio ocupando prácticamente la totalidad del cantón Saraguro. Las intrusiones magmáticas de igual forma se extienden desde el sur del área de estudio, representado por la Unidad Tres Lagunas, que está constituida de rocas graníticas del Triásico, y que continúa hacia el centro norte, hasta el poblado de Las Juntas y hacia el extremo oriental en la parroquia Jimbilla. De ahí en adelante afloran cuerpos intrusivos más jóvenes, en dirección al norte aparece el Batolito de San Lucas que según Litherland et al., (1994) su edad varía entre 66 y 51 millones de años, y hacia el centro oeste, en el cerro Villonaco con una edad de 58.8 ± 2 Ma.

La caracterización de las arcillas prospectadas se ha hecho a partir de los datos tomados en campo y datos analíticos de los ensayos de caracterización de las muestras: composición química, índice plástico, granulometría, contracción, pérdidas por ignición. Atendiendo a los criterios clasificación industrial de las arcillas de Fernández et al., (2002) los resultados obtenidos se representan y correlacionan de forma gráfica en las figuras subsiguientes.

En la figura 73 se ha representado la relación entre el contenido de sílice+alúmina y los carbonatos (CaO+MgO), que como se observa existe una tendencia lineal, lo cual significa que mientras más margosa es la muestra, su contenido de sílice y alúmina es menor. A excepción de las muestras SR-R-7, SR-R-15, LJ-R-5, las cuales a pesar de tener un contenido alto en carbonatos, también poseen un elevado porcentaje de sílice y alúmina que van de 81.10 al 85.80%.

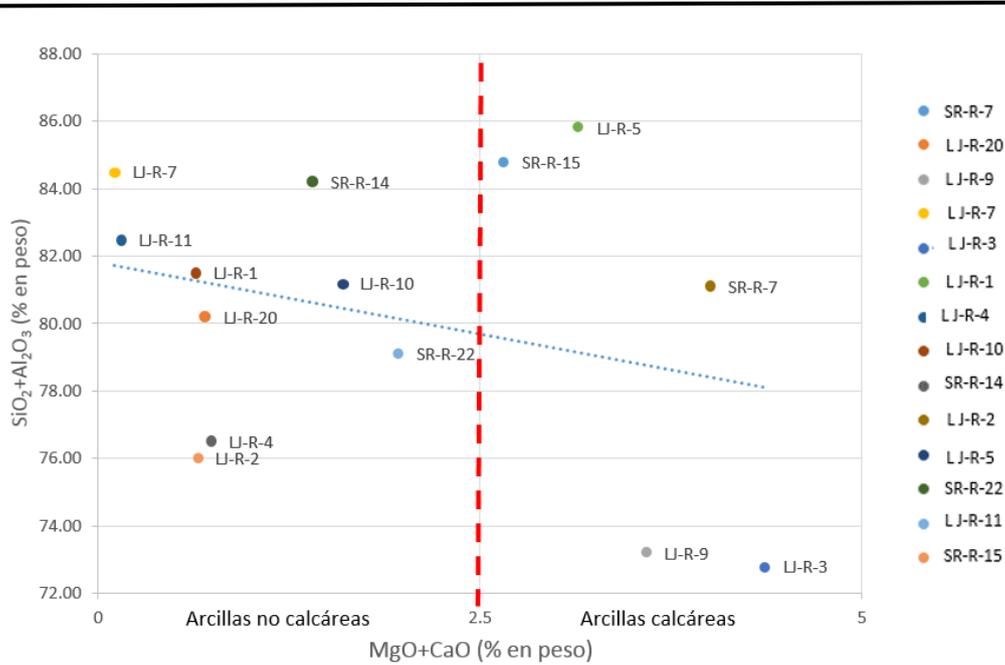


Figura 73. Representación gráfica de las muestras de arcilla recolectadas ($\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3$ vs $\text{MgO} + \text{CaO}$) % en peso.

Elaborado por: Guajala, 2020.

En la figura 74 se enfrenta $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ con $\text{MgO}+\text{CaO}$, ya que estos elementos son las que le otorgan color a la pasta, se observa que las muestras LJ-R-11, SR-R-14, LJ-R-7, LJ-R-2, LJ-R-20, LJ-R-4, LJ-R-10, SR-R-22, caen en el campo de Ball Clays que son arcillas de cocción blanca, lo cual se corroboró ya que al someterlas al ensayo de quema, presentaron los tonos más claros.

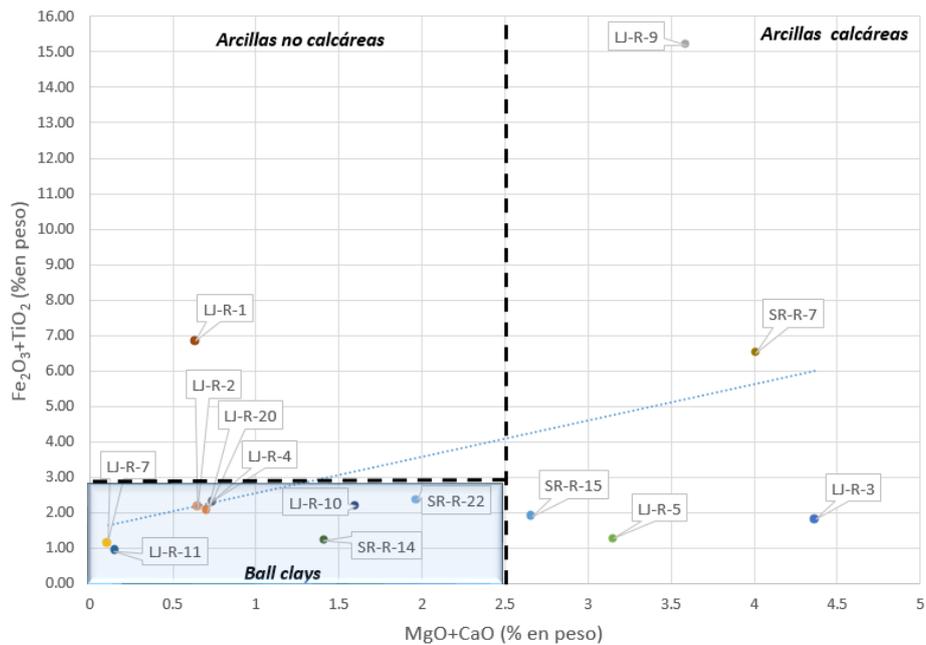


Figura 74. Representación gráfica de las muestras de arcilla recolectadas ($\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ vs $\text{MgO} + \text{CaO}$) % en peso.

Elaborado por: Guajala, 2020.

En la figura 75 se enfrentan el índice plástico con Al_2O_3 , de todas las muestras de arcilla recolectadas en el área de estudio. Esto debido a que el contenido de alúmina es un indicador indirecto de la plasticidad. Se observa una tendencia lineal con pendiente negativa, pero no hay una relación clara entre estos dos parámetros, lo cual es lógico ya que se está incluyendo en la misma gráfica arcillas de distintos orígenes, tanto volcánicos como sedimentarios.

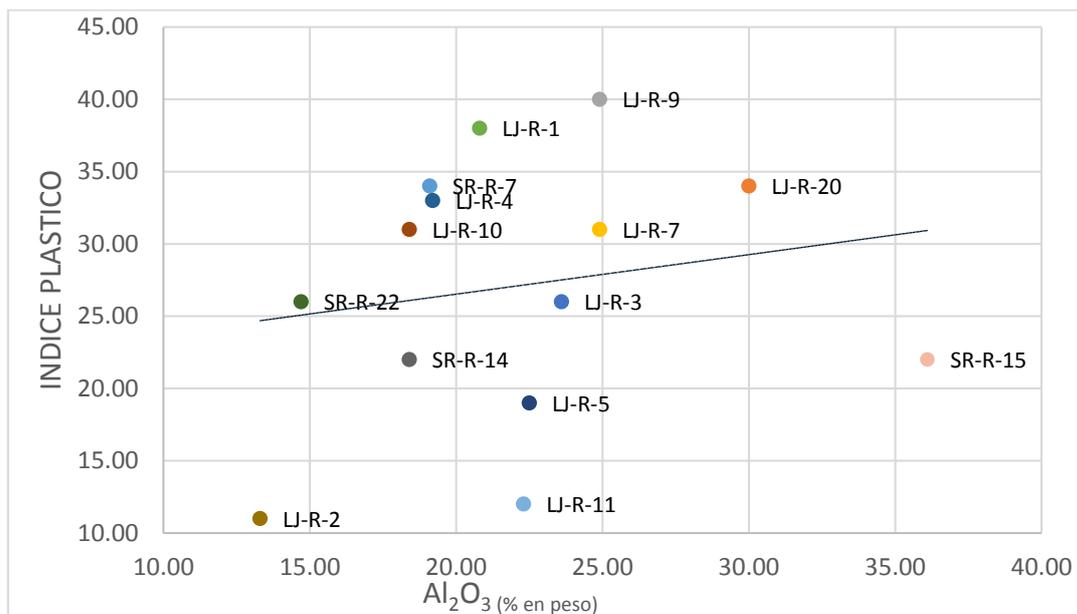


Figura 75. Representación gráfica del índice de plasticidad vs Al_2O_3 de la totalidad de muestras de arcillas del área de estudio

Elaborado por: Guajala, 2020.

En la 76 se figura se correlacionan únicamente las muestras que han sido extraídas de formaciones sedimentarias Miocénicas tanto de Loja, Malacatos y Sumaypamba, pertenecientes a las formaciones San Cayetano, San Francisco, Grupo Ayancay respectivamente. Se incluyó además las lutitas de El Cisne que se encuentran en la unidad Chaguarpamba perteneciente al Cretácico. Como puede observarse existe una relación mucho más clara entre estos dos parámetros, con una tendencia lineal marcada y de pendiente negativa. El índice plástico se incrementa a medida que aumenta el contenido de alúmina, siendo la muestra LJ-R-9 la que presenta un mayor contenido de alúmina y un mayor índice plástico.

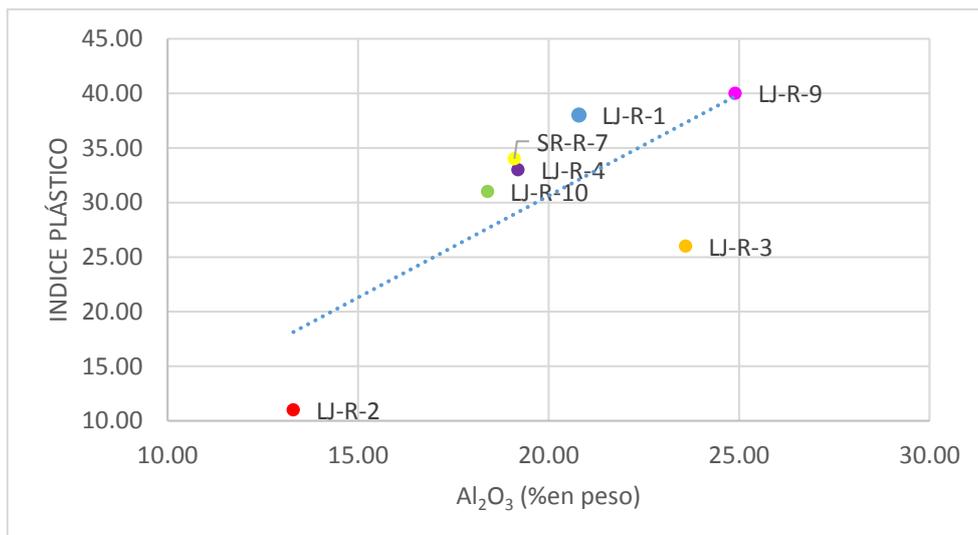


Figura 76. Representación gráfica del índice de plasticidad vs Al₂O₃ de muestras de arcilla de origen sedimentario del área de estudio.

Elaborado por: Guajala, 2020.

Lo expuesto en las gráficas anteriores se resume y clasifica en el cuadro 47 de acuerdo a Fernández et al., (2002). Donde se obtuvo tres grupos de arcillas: arcillas de cocción blanca, arcillas margosas y arcillas no margosas.

Cuadro 47. Clasificación industrial de las arcillas encontradas en el área de estudio.

Código	IP	Al ₂ O ₃	CaO+MgO	Fe ₂ O ₃	Grupo	Denominación	Características
LJ-R-20	34	30	0.705	1.24	1 (Arcillas de cocción blanca)	Ball Clays	<ul style="list-style-type: none"> • CaO+Mg<2.5% • Fe₂O₃<3%
LJ-R-7	31	24.9	0.11	1.03			
LJ-R-11	12	22.3	0.15	0.83			
LJ-R-4	33	19.2	0.74	1.9			
LJ-R-10	31	18.4	1.6	1.76			
SR-R-22	26	14.7	1.97	2.04			
LJ-R-2	11	13.3	0.65	1.66			
SR-R-15	22	36.1	2.66	1.59	3 (Arcillas margosas)	3.3 Contenido bajo de Carbonatos	<ul style="list-style-type: none"> • 2.5% ≤CaO+MgO<10%
LJ-R-9	40	24.9	3.59	14.1			
LJ-R-3	26	23.6	4.37	1.46			
LJ-R-5	19	22.5	3.15	1.11			
SR-R-7	34	19.1	4.01	5.87			
LJ-R-20	34	30	0.705	1.24	4 (Arcillas no margosas)	4.1 Arcillas plásticas	<ul style="list-style-type: none"> • CaO+Mg<2.5% • Al₂O₃≥19% • IP≥25%
LJ-R-7	31	24.9	0.11	1.03			
LJ-R-1	38	20.8	0.64	6.04			
SR-R-14	22	18.4	1.4081	0.99		4.2 Arcillas poco plásticas	<ul style="list-style-type: none"> • Cao+Mg<2.5% • Al₂O₃<19% • IP<25%
LJ-R-4	33	19.2	0.74	1.9			
LJ-R-2	11	13.3	0.65	1.66			

Elaborado por: Guajala, 2020

En cuanto a las rocas volcánicas e intrusivas que presentan indicios de feldespatos potásicos, se realizó su clasificación geoquímica en base a los porcentajes en peso de SiO_2 vs K_2O , utilizando el diagrama de Peccerillo & Taylor, (1976). En la figura 77 se representan muestras de rocas intrusivas del Batolito de San Lucas: LJ-R-19 y LJ-R-24, las cuales se definen como granito y diorita respectivamente, ambas con alto contenido de potasio.

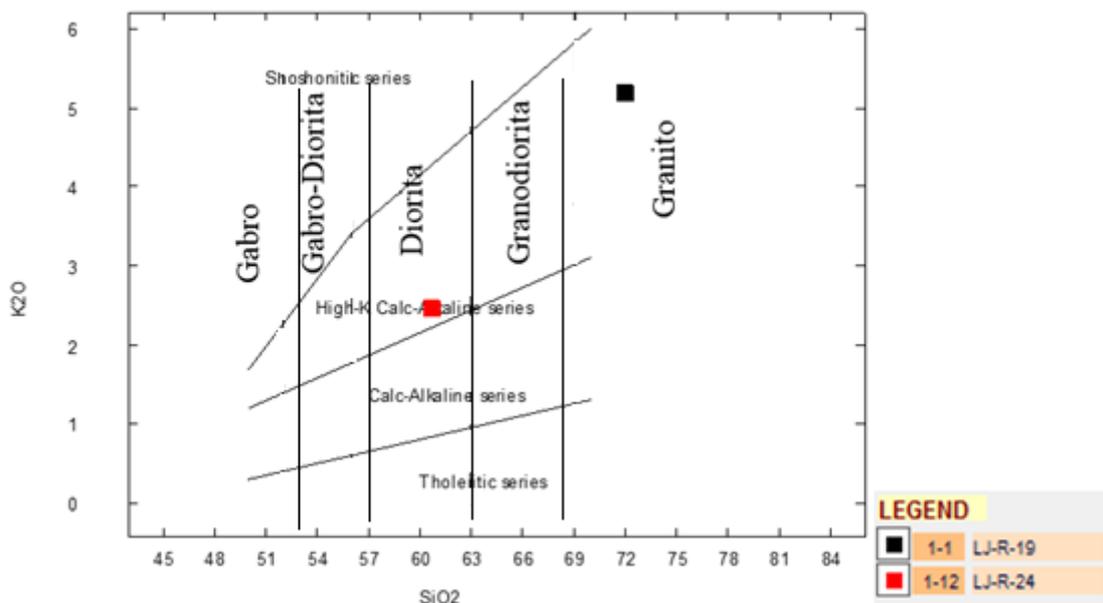


Figura 77. Diagrama de clasificación de rocas magmáticas K_2O vs SiO_2 , según Peccerillo & Taylor, (1976), adaptado por Wilson, (1991)
Elaborado por: Guajala, 2020.

En las rocas volcánicas muestreadas se tiene que la muestra SR-R-16 es una riolita con alto contenido de potasio; SR-R-21, es una riolita con bajo contenido de potasio. La muestra SR-R-12 se clasifica como una dacita con un contenido medio de potasio y SR-R-25 como una latita alta en potasio (ver figura 78).

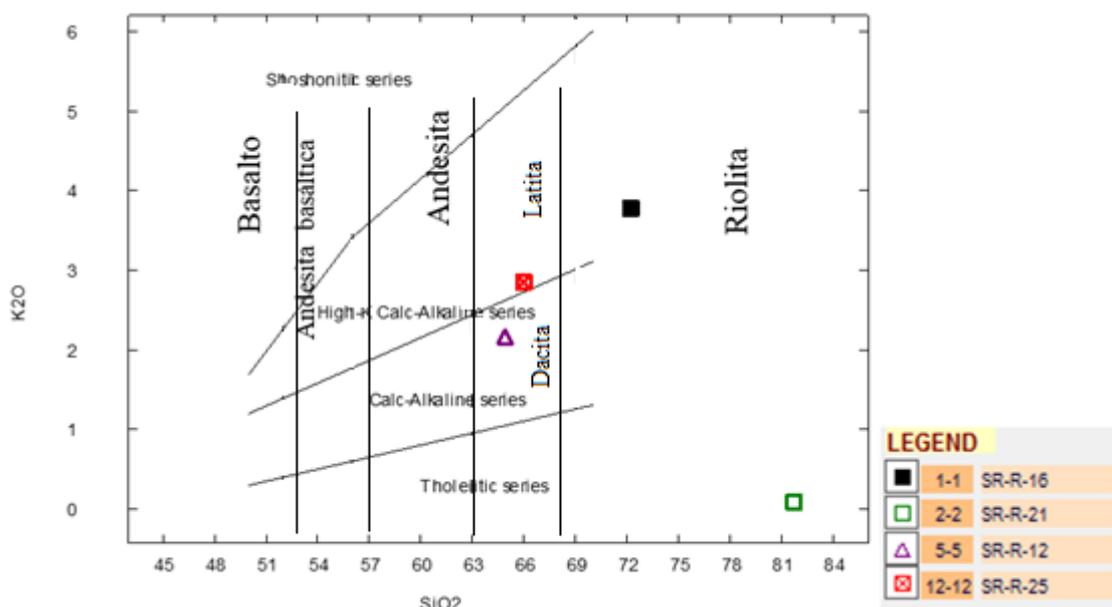


Figura 78. Diagrama de clasificación de Rocas volcánicas K_2O vs SiO_2 según Peccerillo & Taylor, (1976), adaptado por Wilson, (1991)
Elaborado por: Guajala, 2020.

Tomando como referencia la clasificación geoquímica de estas rocas ígneas y a la clasificación de tipos de mena asociado a feldespatos en función del contenido de K_2O propuesto por Laverde et al., (2004) se tiene que las muestras LJ-R-24, SR-R-21, SR-R-12, SR-R-25, pertenecen al tipo de mena I, con un contenido de $K_2O < 3\%$, la muestra SR-R-16, como tipo II, ya que presenta un 3.77% de K_2O . LJ-R-19, es la que presenta el contenido más alto de K_2O , con 5.18%. Esta muestra además cumple especificaciones de feldespatos de grado cerámico de las categorías NC-4% Y C-6%, propuesto por INGEMMET, (2010), ver cuadro 48.

Cuadro 48. Clasificación de tipos de mena de feldespato del área de estudio en función del contenido en peso de K_2O

Código	% K_2O	Tipo de mena	Contenido de K_2O
LJ-R-24	2.46	I	$K_2O < 3\%$
SR-R-21	0.079		
SR-R-12	2.17		
SR-R-25	2.86		
SR-R-16	3.77	II	$3\% < K_2O < 4\%$
LJ-R-19	5.18	III	$4\% < K_2O$

Elaborado por: Guajala, 2020.

8. CONCLUSIONES

En el área de estudio de estudio se tomó un total de 25 muestras, determinando 19 sitios de interés para minerales no metálicos, de ellos: cinco corresponden a arcillas tipo Ball Clays, una arcilla de alta plasticidad, cuatro arcillas margosas de bajo contenido de carbonatos, dos arcillas no margosas plásticas, dos arcillas no margosas poco plásticas, un granito con alto contenido de óxido de potasio (K_2O), una toba dacítica con alto contenido de óxido de potasio (K_2O), dos indicios de sílice. Estos entre los indicios más importantes, ver cuadro 49.

Cuadro 49. Indicios minerales para la industria cerámica plana del área de estudio.

Mineral	Numero de incidios
Ball Clays	5
Arcilla de alta plasticidad	1
Arcillas margosas de bajo contenido de carbonatos	5
Arcillas no margosas plásticas	2
Arcillas no margosas poco plásticas	2
Granito con alto contenido de K_2O	1
Toba dacítica con alto contenido de K_2O	1
Sílice	2
Total	19

Elaborado por: Guajala, 2020.

Geológicamente los sitios de mayor importancia en cuanto a la generación de arcillas corresponden a las cuencas sedimentarias del Mioceno ubicadas en ciudad de Loja, y en las parroquias de Malacatos y Sumaypamba, de donde se extrajeron las muestras que se detallan en el cuadro 50.

Cuadro 50. Muestras de arcillas de las cuencas Miocénicas del área de estudio.

Código de muestra	Lugar
LJ-R-1	Malacatos
LJ-R-2	Malacatos
LJ-R-3	Loja – Las Palmeras
LJ-R-4	Loja - El Calvario
LJ-R-10	Loja -Amable María
SR-R-7	Saraguro -Sumaypamba

Elaborado por: Guajala, 2020.

La meteorización intensa en las rocas volcánicas en el flanco oriental del cantón Saraguro ha provocado la transformación a arcillas del protolito volcánico, tal es el caso de las muestras que se detalla en el cuadro 51.

Cuadro 51. Muestras de arcilla, producto de la meteorización de rocas volcánicas.

Código de muestra	Lugar
SR-R-14	Saraguro –El Tablón
SR-R-22	Saraguro –El Tablón
SR-R-15	Saraguro –Urdaneta
SR-R-17	Saraguro –Urdaneta
SR-R-18	Saraguro

Elaborado por: Guajala, 2020.

Las muestras que se detallan en el cuadro 52 cumplen con las condiciones para ser catalogadas como Ball Clays ya que poseen un contenido de CaO+MgO (carbonatos) entre 0.11 y 1.97%; y 0.83 a 2.04% de Fe₂O₃.

Cuadro 52. Muestras catalogadas como Ball Clays.

Código de muestra	Lugar	Denominación
LJ-R-20	Quinara	Ball Clays
LJ-R-7	Loja – Salapa Alto	
LJR-11	El Cisne –Ambocas	
LJ-R-4	Loja – El Calvario	
LJR-10	Loja - Amable María	
SR-R-22	Saraguro – El tablón	
LJ-R-2	Malacatos – San Francisco	

Elaborado por: Guajala, 2020.

La muestra SR-R-15 presenta un alto contenido de alúmina, (36.1% de Al₂O₃), y en función a la norma española UNE-61-001-75 que clasifica los refractarios aluminosos atendiendo a su composición química (% en peso de Al₂O₃) esta se ubica en el rango de 35-40% de Al₂O₃, siendo más prudente su ubicación en esta categoría y uso.

Las muestras que se detallan en el cuadro 53 se ubican en el grupo de arcillas margosas con bajo contenido de carbonatos ya que su contenido de CaO+MgO se ubica entre el 2.66 y el 4.37%.

Cuadro 53. Muestras catalogados como arcillas margosas con bajo contenido de carbonatos.

Código de muestra	Lugar	Denominación
LJ-R-9	El Cisne -Ceredario	Arcillas margosas con bajo contenido de carbonatos
LJ-R-3	Loja –Las Palmeras	
LJ-R-5	Loja- Cera	
SR-R-7	Saraguro -Sumaypamba	
SR-R-15	Saraguro - Urdaneta	

Elaborado por: Guajala, 2020.

Las muestras, que se detallan en el cuadro 54 se ubican en el grupo de arcillas no margosas y denominadas arcillas plásticas, esto ya que poseen un índice plasticidad alto que va de 31 a 38 y un contenido de alúmina que va del 19.1 al 30% y todas ellas con un contenido $\text{CaO}+\text{MgO} < 2.5\%$.

Cuadro 54. Muestras catalogadas como arcillas no margosas plásticas.

Código de muestra	Lugar	Denominación
LJ-R-20	Quinara	Arcillas no margosas plásticas
LJ-R-7	Loja – Salapa Alto	
LJ-R-1	Malacatos	
LJ-R-4	Loja - El Calvario	

Elaborado por: Guajala, 2020.

Las muestras que se detallan en el cuadro 55 y, se catalogan como arcillas no margosas poco plásticas debido a que poseen un contenido de alúmina inferior a las anteriores, el cual va de 13.3 a 18.4% de Al_2O_3 y un índice plástico de igual manera inferior, entre 11 y 22.

Cuadro 55. Muestras catalogadas como arcillas no margosas poco plásticas.

Código de muestra	Lugar	Denominación
SR-R-14	Saraguro –El Tablón	Arcillas no margosas poco plásticas.
LJ-R-2	Malacatos – San Francisco	

Elaborado por: Guajala, 2020.

El contenido de carbonatos, regula la contracción lineal, provocando una disminución de ella a través de la formación de silicatos de calcio y magnesio. Sin embargo el contenido de carbonatos determinado por el análisis químico no detalla una relación clara entre estos dos parámetros. Los ensayos físico cerámicos referentes al porcentaje de contracción

lineal muestran que este valor esta entre 2 y un 13%. Siendo las muestras LJ-R-3, SR-R-22, SR-R-15, LJ-R-20 las que presentan los valores más altos y LJ-R-2, SR-R-14 con el menor porcentaje.

Los porcentajes de contracción lineal de las muestras analizadas son concordantes con los valores que maneja la industria cerámica nacional, quienes trabajan con materias primas con alrededor del 20% de contracción lineal.

Las rocas magmáticas son fuente de indicios mineralógicos importantes como es el caso del granito de Las Juntas (muestra LJ-R-19). En Quinara los fluidos hidrotermales han provocado la alteración de la roca caja caolinizándola y generando una arcilla de alta plasticidad y alto contenido de alúmina (LJ-R-20).

Las muestra LJ-R-19, ubicada en el sector de Las Juntas, se la cataloga como mena tipo III y la muestra SR-R-16, ubicada en la parroquia Urdaneta del cantón Saraguro, como mena tipo II ya que contienen 5.18% y 3.77% de K₂O respectivamente, constituyéndose en los dos sitios con mayor potencial de feldespato potásico de acuerdo a su composición química.

Las rocas volcánicas muestreadas y codificadas como: SR -R-21, SR-R-12, SR-R-25 presentan un contenido inferior de óxido de potasio, cuyos valores van de 0.079 a 2.86% de porcentaje en peso de K₂O.

Las muestras detalladas en el cuadro 56, se catalogan como sílice, estas poseen un bajo contenido de óxidos, y según la clasificación AASHTO corresponden a arena arcillosa de baja plasticidad y a limo de baja plasticidad

Cuadro 56. Muestras catalogadas como sílice.

Código de muestra	Denominación AASHTO	Lugar
SR-R-13	Arena arcillosa de baja plasticidad	Saraguro – San Antonio de Cumbe
SR-R-8	Limo de baja plasticidad	Saraguro - Tenta

Elaborado por: Guajala, 2020.

El INIGEMM en el año 2011 determinó un total de 31 indicios mineralógicos no metálicos para el área de estudio. De ellos 14 están fuertemente ligados a la industria cerámica plana: 8 indicios de caolín y 6 de esméctica.

En el catastro minero de ARCOM se registra 13 concesiones mineras relacionadas a minería no metálica de ellos cinco corresponden a la explotación de arcilla: cuatro se ubican en la ciudad de Loja y uno en la parroquia Malacatos.

9. RECOMENDACIONES

Realizar ensayos mineralógicos como: difracción de Rayos X, láminas delgadas a fin de determinar la proporción exacta de cada mineral, como es el caso de la caolinita, y feldespatos sódico- cálcicos ya que estos datos permiten determinar de mejor manera el comportamiento que tendrán las materias primas en la pasta cerámica.

Las muestras clasificadas como arcillas de cocción blanca o “Ball Clays”, se podrían utilizar como componente de la pasta cerámica para baldosas de pasta blanca, gres porcelánico.

Las muestras definidas como arcillas margosas de bajo contenido de carbonatos se podrían utilizar como componente en las pastas de revestimiento poroso.

Las muestras clasificadas como arcillas no margosas plásticas y poco plásticas se podrían utilizar en la formulación de gres cerámico, tomando en cuenta el índice plástico y el contenido de alúmina, hasta lograr un comportamiento adecuado tanto de la pasta cerámica, como en la pieza cocida. Evitando los porcentajes de absorción elevados, así como la deformación piroclástica y que en general puedan cumplir con las normas: NTE INEN 644; NTE INEN 645; NTE INEN 651; NTE INEN 652; NTE INEN 654, que son las que regulan la fabricación de estos productos cerámicos.

Realizar una exploración más detallada del Batolito de San Lucas a fin de determinar más sitios con alta presencia de óxido de potasio (K_2O), ya que este cuerpo intrusivo ocupa gran parte de la zona centro norte del área de estudio.

Los resultados emitidos por esta investigación deben constituir el punto de partida para una investigación más detallada y a una menor escala en los indicios mineralógicos determinados y contribuir al conocimiento geológico y al potencial minero no metálico del sur del país.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Albán, A., Almeida, M., Andrade, F., Andrade, G., Chulde, E., Maila, V., . . . Simbaña, M. (2017). *Hoja Geológica Loja (56), escala 1:100000*. Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalurgico (INIGEMM).
- Álvaro, S. (2012). *Estudio geológico estructural e inventario de deslizamientos del área I de la cuenca de Catamayo*.
- Apolo, R., Álvarez, A., Burbano, D., Carranco, A., Chamba, D., Chávez, D., . . . Tobar, J. (2017). *Hoja Geológica Las Aradas (Hoja 58), Escala 1:100000*. Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM).
- ARCOM. (2020). *Visor Geográfico de ARCOM*. Obtenido de http://geo.controlminero.gob.ec:1026/geo_visor/
- Asociación Española de Técnicos Cerámicos. (2004). *Tecnología cerámica aplicada / SACMI (Vol. Volumen 1)*. (A. V. Gelder, Trad.) Castellón de la Plana, España: Faenza Editrice Ibérica, S.L.
- Aspden, J., Bonilla, W., & Duque, P. (1995). *The El Oro Metamorphic Complex, Ecuador: geology and economic mineral deposits*. Nottingham: BGS - CODIGEM.
- Aspen, J. A. (1992). *The geology and Mesozoic collisional history of the Cordillera*.
- Barba, A., Beltrán, V., Feliu, C., García, J., Ginés, F., Sánchez, E., & Sanz, V. (1997). *Materias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas*. Castellón: Instituto de Tecnología Cerámica-AICE.
- Bartolomé, J. F. (1997). El Caolín: composición, estructura, génesis y aplicaciones. *Boletín Soc. Esp. Cerám. Vidrio*, 36, 7-19.
- Blasby, D. (2007). *Building a Spatial Database. PostGIS*. Obtenido de <http://postgis.refractor.net>.
- Blin, C. (1967). *Control de Calidad en la industria cerámica*. Sevilla. Obtenido de <http://boletines.secv.es/upload/196706259.pdf>
- Bristow, C. M. (1987). World Kaolins: Genesis, exploitation, and application. *Industrial Minerals*, 7, 45-59.
- Casagrande, A. (1932). Research on Atterberg's Limits of Soils. *Public Roads*, 13.
- Chesnut, D. R. (1983). Source of the volcanic ash deposit (flint clay) in the fire clay coal of the Appalachian basin. *In X Int. Congr. Of Carboniferous Stratigr. & Geol. Abs*, 34, págs. 145-154. Madrid.

- Chew, D., Schaltegger, U., Kosler, J., Whitehouse, M., Gutjahr, M., Spikings, R., & Miskovic, A. (2007). *U-Pb geochronologic evidence for the evolution of the Gondwanan margin of the north-central Andes*. *GSA Bulletin*.
- Coordinación General de Minería. (2014). *Perfil de Mercado del Caolín*. Coordinación General de Minería: Dirección General de desarrollo minero.
- Corrochano, D. (2014). *Geología Sedimentaria y Sedimentología dentro del Proyecto del Mapeo Geológico a Nivel Nacional a escala 1:50000*. Quito: Informe inédito INIGEMM- PROMETEO.
- Criado, E., Sánchez, E., & Regueiro, M. (2004). *La industria cerámica española, ¿ante un cambio de ciclo?* (Vols. Bol. Soc. Ceram. 43: 85-101.).
- DENSO WAVE INCORPORATED. (2020). *QR Code Generator*. Obtenido de <https://app.qr-code-generator.com/create/new/>
- Díaz Rodríguez, L. A., & Torrecillas, R. (2002). Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones. *Boletín De La Sociedad Española De Cerámica y Vidrio*, 41(5), 459-470.
- Fernández, C., García, J., Lombardero, M., Sánchez, E., & Regueiro, M. (2002). Materias primas para pavimentos y revestimientos cerámicos en la región de Murcia. *Boletín De La Sociedad Española De Cerámica Y Vidrio*. Obtenido de <http://boletines.secv.es/upload/20090505124322.200140345.pdf>
- Galán, E., & Aparicio, P. (2000). *Materias primas para la industria cerámica*. Obtenido de http://www.ehu.es/sem/seminario_pdf/SEMINARIO_SEM_2_031.pdf
- García del Cura, M. Á., & Cañaveras, J. C. (04 de 07 de 2005). UTILIZACIÓN DE ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES. Alicante, España. Obtenido de http://www.ehu.es/sem/seminario_pdf/SEMINARIO_SEM_2_Conten.pdf
- Gobierno Provincial de Loja. (2011). *Plan de Ordenamiento Provincial de Loja: Sistema Ambiental*. Loja.
- Guggenheim, S., & Martin, R. T. (1995). *Definition of Clay and Clay Mineral: Joint Report of the AIPEA Nomenclature and CMS Nomenclature Committees*.
- Gutiérrez, M. (2006). *El Rol de las Bases de Datos Espaciales en una Infraestructura de Datos*. Santiago.
- Hungerbühler, D. (1997). *Neogene basins in the Andes of Southern Ecuador: evolution, deformation and regional tectonic implications*. Zürich: Tesis Doctoral: ETH Zürich.
- 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*. doi:[https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(01\)00071-X](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(01)00071-X)

- INGEMMET. (05 de 11 de 2010). *SlideShare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/ingemmet/usos-industriales-del-feldespat>
- INIGEMM. (2011). *Mapa de ocurrencias de minerales no metálicos*. Ministerio de Recursos Naturales No Renovables . Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1htTEX0_tYWIKIRamP4vc7GvCqnHWhQux/view
- INIGEMM. (2011). *METODOLOGÍA DE TRABAJO PARA ELABORAR MAPAS GEOLÓGICOS* . Quito.
- INIGEMM. (2013a). *Memoria técnica Hoja Geológica de Cariamanga 1:100000. Modelo piloto para la determinación de del potencial geológico- mineralógico de las zonas Zaruma y Cariamanga escala 1:100000*. Quito: Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico.
- INIGEMM. (2013b). *Modelo piloto para la determinación del potencial geológico - mineralógico de las zonas Zaruma y Cariamanga escala 1:100.000. Memoria Técnica Hoja Geológica de Cariamanga, 1:100.000*. Quito: Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico. .
- Instituto de Tecnología Cerámica. (2019). *Materias primas y composiciones de soportes cerámicos*. España.
- Instituto Ecuatoriano Espacial. (2013). *Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional. Escala 1: 25 000: CLIMA e HIDROLOGÍA*. Loja, Ecuador.
- Instituto Espacial Ecuatoriano, & MAGAP. (2013). *Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional. Escala 1: 25 000: GEOMORFOLOGÍA*. Loja, Ecuador.
- Jaillard, E., Ordoñez, M., Berrones, G., Bengstone, P., Bonhome, M., Jimenez, N., & Zambrano, I. (1996). *Sedimentary and tectonic evolution of the arc zone of southwestern Ecuador during late Cretaceous and early Tertiary times*. *Journal South American Earth Sciences*.
- Kennerley, J. (1973). *Geology of Loja Province, southern Ecuador* (Reporte No. 23 ed.). London: Institute of Geological Sciences (Overseas Division).
- Kennerley, J. (1992). *Geología de la Provincia de Loja*.
- Kennerley, J. B., Almeida, L., & Calle, J. (1973). *Hoja Geológica Saraguro (Hoja 55), escala 1:100000*. Instituto Geográfico Militar (IGM), Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos (MRNE), Dirección General de Geología y Minas (DGGM), and Institute of Geological Sciences, London (IGS).
- Kennerley, J., & Almeida, L. (1975). *Hoja de Loja (56), escala 1:100000*. Instituto Geográfico Militar (IGM), Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos

- (MRNE), Dirección General de Geología y Minas (DGGM) and Institute of Geological Sciences London (IGS).
- Laverde, D., Pedraza, J., Ospina, S., Báez, E., García, I., Pinto, P., & Espitia, I. (12 de Noviembre de 2004). EL BENEFICIO DE ARENAS FELDESPÁTICAS: UNA SOLUCIÓN PARA LA INDUSTRIA CERÁMICA COLOMBIANA. *Dyna*, 71(143), 45-54. doi: 0012-7353
- Litherland, M., Aspend, J., & Jemielita, A. (1994). *The metamorphic belts of Ecuador*. Nottingham: BRITISH GEOLOGICAL SURVEY.
- Medina, C., Espin, V., Maila, V., Patiño, Y., Solís, B., Jaramillo, J., . . . Vega, M. (2017). *Hoja Geológica Gonzanamá (57), escala 1:100000*. Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero y Metalúrgico (INIGEMM).
- Mesa López, J. M., & Colmenar. (1992). Caolín y arcillas caoliníferas. *Recursos Minerales de España*, 15, 27-44 .
- Ministerio de Energía y Minería. (2017). *Panorama de Mercado de Rocas y Minerales Industriales: FELDESPATO Y SIENITA NEFELINA*. Dirección Nacional de Promoción Minera.
- Ministerio de Minería. (2016). Plan de desarrollo del sector minero. Ecuador. Obtenido de <http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/04PPP2016-PLAN.pdf>
- Paladines, A., & Soto, J. (2010). *Geología y yacimientos minerales del Ecuador*.
- Patterson, S. H., & Murray, H. H. (1984). Kaolin, Refractory Clay, Ball Clay, and Halloysite in North America, Hawaii, and the Caribbean Region. *Geol. Surv. Prof. Paper.*, 1306, 56.
- PDOT Loja. (11 de 2014). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Municipio de Loja. Loja, Loja, Ecuador. Obtenido de <https://www.loja.gob.ec/files/image/LOTAIP/podt2014.pdf>
- PDOT, Saraguro. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Munisipal Intercultural Del Cantón. Saraguro, Loja, Ecuador.
- Peccerillo, A., & Taylor, S. R. (1976). *Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey: Contributions to Mineralogy and Petrology* (Vol. 58).
- Picavet, V. (2010). *PostGIS, a PostgreSQL module for spatial data*. OSLANDIA.
- Pillajo, T. (2017). *Hoja Geológica Saraguro (55-D), Escala 1:50000*. Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM).
- Rocas y minerales. (2016). *Rocas y minerales*. Obtenido de <https://www.rocasyminales.net/talco/>

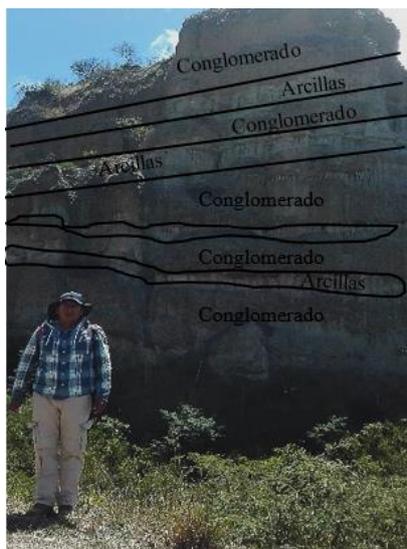
- Ross , C. S., & Kerr., P. F. (1933). The Kaolin minerals. *Geol. Surv. Prof. Paper*, 135-148.
- Sembenelli, P. (Febrero de 1966). Los límites de Atterberg y su significado en la industria cerámica y ladrillera. *L' Industria Italiana dei Laterizi*, 16(124), 43. Obtenido de <http://materconstrucc.revistas.csic.es>
- Sistema Nacional de Información. (2010). *Sistema Nacional de Información (SNI)*. Obtenido de <https://sni.gob.ec/coberturas>
- Smirnov, V. I. (1982). *Geología de Yacimientos Minerales*. Mir, Moscú.
- Society of Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. . (Enero de 2013). Industrial Mineral and Rocks. *Society of Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. , 7 edición*.
- Spikings, R., Cochrane, R., Villagomez, D., Van der Ielij, R., Vallejo, C., Winkler, W., & Beate, B. (2014). *The geological history of northwestern South America: from Pangea to the early collision of the Caribbean Large Igneous Province (290-75 Ma)*. Gondwana Research.
- Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros. (2018). *Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros*. Obtenido de <https://www.supercias.gob.ec/portalscvts/>
- Uribe, R. (2015). Investigaciones de Materias Primas Minerales no Metalicas en el Ecuador. Quito. Obtenido de <https://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen36/tomo3/InvestigacionesdeMateriasPrimasMinerales.pdf>
- Vassallo, L. F. (2008). *Yacimientos minerales metalicos*. Mexico: Bol-e.
- Wikipedia. (30 de 09 de 2019). *Wikipedia*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/QGIS#cite_note-androiddescarga-2
- Wilson, M. (1991). *Igneous Petrogenesis*. Harper Collins Academic.,.

11. ANEXOS

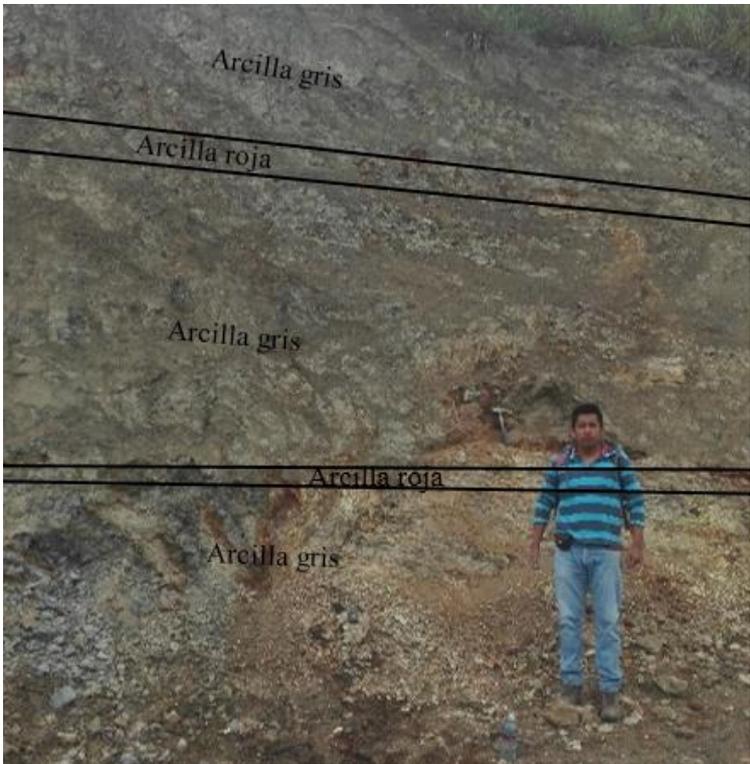
ANEXO 1. FICHAS DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
		Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	1	Datum	WGS-84		
Ubicación:	San Francisco		Fecha:	12/03/2019	
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X: 690890	Y: 9535048	Z: 1536		
Formación/Unidad	San Francisco				
DESCRIPCIÓN					
Tipo:	Natural		Artificial	x	
Relieve:	Llano		De colinas		
	Bajo	x	Montañoso		
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	059°/53°SE				
Dimensiones:	50m x 15m aprox.				
Muestra:	LJ-R-1				
Estado de alteración:	Medio				
<p>Observaciones: El afloramiento está constituido por rocas de origen sedimentario. Se distinguen seis estratos, cuya inclinación de las capas es al SE. En la parte superior del afloramiento se encuentra una intercalación de materiales que van de arcillas, limos, micro conglomerado y areniscas, tal como se muestra en la fotografía. En la parte inferior izquierda hallan arcillas de tonalidad grisácea, compactas, baja humedad y alta plasticidad; potencia promedio de 5m.</p>					
<p>Foto</p> 					

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	2	Datum		WGS-84	
Ubicación:	San Francisco		Fecha:	12/03/2019	
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X: 690941	Y: 9535148	Z: 1584		
Formación/Unidad	San Francisco				
DESCRIPCIÓN					
Tipo:	Natural		Artificial	x	
Relieve:	Llano		De colinas	x	
	Bajo		Montañoso		
Medidas estructurales (Rumbo/Buzamiento)	017°/53°SE				
Dimensiones:	5m x 2m aprox.				
Muestra:					
Estado de alteración:	Medio				
<p>Observaciones: En este sector afloran limolitas de color gris con una potencia de 0.15 a 0.2m. Las mismas se encuentran intercalados por estratos de areniscas cuya potencia varía entre 0.1 a 0.2 metros, presentan un coloración anaranjada. La inclinación de las capas es hacia el SE.</p>					
Foto					
					

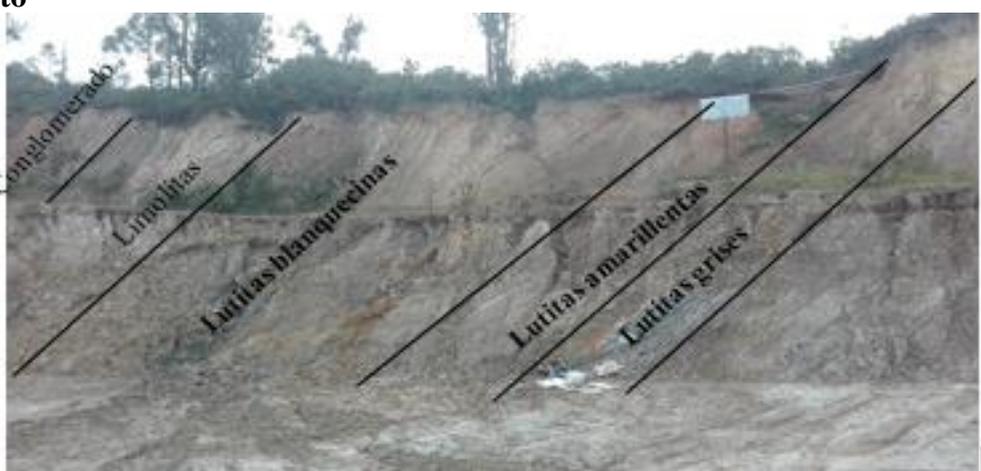
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	3	Datum	WGS-84	
Ubicación:	Cerro Mandango		Fecha:	12/03/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas			
Coordenadas UTM	X: 691664	Y: 9536131	Z: 1635	
Formación/Unidad	San Francisco			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	Natural	x	Artificial	
Relieve:	Llano		De colinas	
	Bajo		Montañoso	x
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	N/A			
Dimensiones:	5m x 2m aprox.			
Muestra:				
Estado de alteración:	Medio			
<p>Observaciones: En este sitio se observa una intensa actividad erosiva de agentes como el agua y el viento: lo que se evidencia mediante las cárcavas en el relieve. El afloramiento está compuesto de una intercalación de material arcilloso cuya potencia varia de 2 a 3 metros y material conglomerático, con clastos de 0.2 a 0.5 m. matriz arcillosa y cuya potencia promedio es de 9 a 10 metros. Cabe indicar que debido a la difícil accesibilidad no fue posible la obtención de Medidas estructurales (Rumbo/Buzamiento).</p>				
Foto				

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción de afloramientos				
	Afloramiento No.	4	Datum	WGS-84	
Ubicación:	San Francisco		Fecha:	12/03/2019	
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X: 691058	Y: 9535741	Z: 1578		
Formación/Unidad	San Francisco				
DESCRIPCIÓN					
Tipo:	Natural		Artificial	x	
Relieve:	Llano		De colinas		
	Bajo	x	Montañoso		
Medidas estructurales (Rumbo/Buzamiento)	023°/52°SE				
Dimensiones:	50m x 30m aprox.				
Muestra:					
Estado de alteración:	Medio				
<p>Observaciones: En el afloramiento se distinguen 3 estratos, en la parte superior existe un estrato de arenisca cuya potencia es de 9 m aproximadamente de una coloración grisácea, el material subyacente constituido por arcillas con una potencia de 10 metros, de color gris, plasticidad media. La dirección de las capas es al SE.</p>					
<p>Foto</p> 					

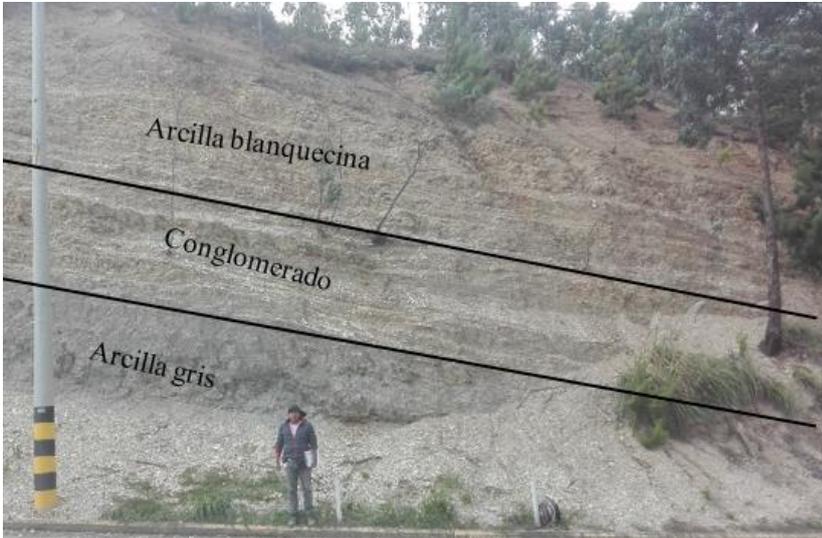
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción de afloramientos			
	Afloramiento No.	5		Datum
Ubicación:	San Francisco		Fecha:	13/03/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas			
Coordenadas UTM	X: 692287	Y: 9537627	Z: 1836	
Formación/Unidad	Santo Domingo			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	Natural		Artificial	x
Relieve:	Llano		De colinas	
	Bajo		Montañoso	x
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	323°/22°NE			
Dimensiones (Lxh):	30m x 3.5m aprox.			
Muestra:	LJ-R-2			
Estado de alteración:	Medio			
<p>Observaciones: El afloramiento está constituido en su totalidad de rocas arcillosas se distinguen dos tonalidades de arcillas. La primera de color gris, la cual es de mayor potencia y la segunda de coloración rojiza, cuya potencia es en promedio de 0.2 m. Estas arcillas poseen buena plasticidad. Además se pudo identificar una vetilla de yeso cuya potencia es de 2 centímetros.</p>				
<p>Foto</p> 				

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	6	Datum		WGS-84	
Ubicación:	Barrio Las Palmeras			Fecha:	14/03/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X: 701462	Y: 9558464	Z: 2291		
Formación/Unidad	Quillollaco/San Cayetano				
DESCRIPCIÓN					
Tipo:	Natural		Artificial	x	
Relieve:	Llano		De colinas		
	Bajo	x	Montañoso		
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	355°/50°NE				
Dimensiones:	40m x 6m aprox.				
Muestra:					
Estado de alteración:	Medio				
<p>Observaciones: En el sitio se observa una discordancia angular que constituye el contacto litológico entre las formaciones Quillollaco de edad (Mio-Plioceno), la formación San Cayetano de edad (Mioceno). En la primera se distinguen cuatro estratos constituidos de: limolitas de color amarillento, potencia de 10 metros; conglomerado clasto soportado de matriz arcillosa, y clastos de origen metamórfico, potencia de 4 m.; limolitas de color gris; conglomerado clastos soportado con matriz limo arcillosa, y presencia de oxidación; estos estratos presentan un buzamiento de 50° y una dirección de buzamiento de N85E. En la formación San Cayetano, el primer estrato está conformado por conglomerado clastos soportado, con guijas de origen metamórfico y matriz limo arenosa, el siguiente estrato está conformado por lutitas de color marrón, potencia de 0.5m y el siguiente por lutitas de coloración blanquecino y una potencia de 1.5m. Estos estratos tienen un buzamiento de 5° y una dirección de buzamiento N 37E.</p>					
<p>Foto</p> 					

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción de afloramientos		 Universidad Nacional de Loja	
	Afloramiento No.	7	Datum	WGS-84
Ubicación:	Barrio Las Palmeras		Fecha:	14/03/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas			
Coordenadas UTM	X: 701235	Y: 9558206	Z: 2264	
Formación/Unidad	San Cayetano			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	Natural		Artificial	x
Relieve:	Llano		De colinas	
	Bajo		Montañoso	x
Medidas estructurales (Rumbo/Buzamiento)	002°/49°NE			
Dimensiones:	30m x 10m aprox.			
Muestra:				
Estado de alteración:	Medio			
<p>Observaciones: El afloramiento se compone por una secuencia sedimentaria correspondiente al miembro superior de la formación San Cayetano, en la parte superior se presenta un estrato de conglomerados clasto soportados de matriz limo arenosa, potencia de 2 m.; los demás estratos subyacentes están compuestos de capas de lutitas intercalados con un capa de limolitas, esta ultimo su potencia es de 0.2m. Las lutitas presentan un coloración blanquecina y plasticidad media, untuosa al tacto.</p>				
<p>Foto</p> 				

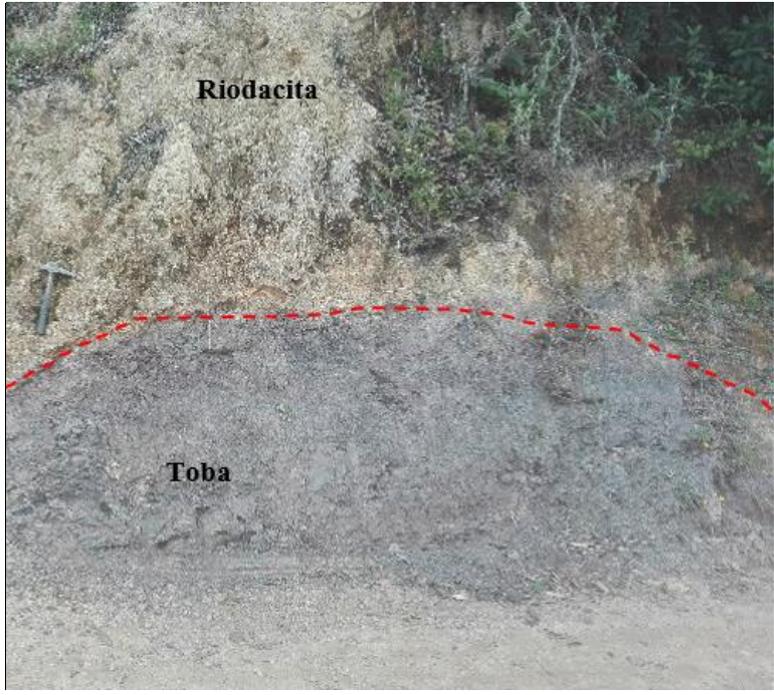
		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	8	Datum	WGS-84		
Ubicación:	Barrio Las Palmeras		Fecha:	14/03/2019	
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X: 701184	Y: 9558216	Z: 2262		
Formación/Unidad	San Cayetano				
DESCRIPCIÓN					
Tipo:	Natural		Artificial	x	
Relieve:	Llano		De colinas		
	Bajo		Montañoso	x	
Medidas estructurales (Rumbo/Buzamiento)	002°/48°NE				
Dimensiones:	50m x 15m aprox.				
Muestra:	LJ-R-3				
Estado de alteración:	Medio				
<p>Observaciones: En el sitio se puede apreciar un frente de explotación, producto de las labores mineras que ahí se desarrollan, el afloramiento está constituido en su totalidad por acillas de color gris, estas poseen una alta plasticidad y se puede evidenciar la existencia de óxidos en las paredes del talud. Estas capas de lutitas tienen rumbo NE, depositadas en diversos procesos depositación variando en su coloración entre grises, blanquecina y amarillenta.</p>					
<p>Foto</p> 					

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
		Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	9	Datum	WGS-84		
Ubicación:	Barrio Las Palmeras		Fecha:	14/03/2019	
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X: 700971	Y: 9558630	Z: 2234		
Formación/Unidad	San Cayetano				
DESCRIPCIÓN					
Tipo:	Natural		Artificial	x	
Relieve:	Llano		De colinas		
	Bajo		Montañoso	x	
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	354°/50°NE				
Dimensiones:	300m x 40m aprox.				
Muestra:	LJ-R-4				
Estado de alteración:	Medio				
Observaciones: afloramiento de arcillas con tonalidad blanquecina y amarillenta, poseen una alta plasticidad. Se diferencian niveles centimétricos de limolitas con presencia de óxidos. Los estratos tienen un buzamiento de 50° al NE.					
Foto					
					

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
		Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	10	Datum		WGS-84	
Ubicación:	Barrio Las Palmeras		Fecha:	14/03/2019	
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X: 700963	Y: 9558816	Z: 2197		
Formación/Unidad	San Cayetano				
DESCRIPCIÓN					
Tipo:	Natural		Artificial	x	
Relieve:	Llano		De colinas		
	Bajo		Montañoso	x	
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	203°/21NW				
Dimensiones:	30m x 8m aprox.				
Muestra:					
Estado de alteración:	Medio				
<p>Observaciones: Se observa un estrato de paraconglomerado de guijas, oligomictico con clastos subredondeados y mal clasificado, Presenta una composición de clastos metamórficos en una matriz arenosa; intercalado entre capas de arcillas. El estrato inferior está compuesto de arcillas de color gris de alta plasticidad; las arcillas del estrato superior son color blanquecino, con un bajo contenido de limos y óxidos. La estratificación se encuentra buzando 21° al SW.</p>					
<p>Foto</p> 					

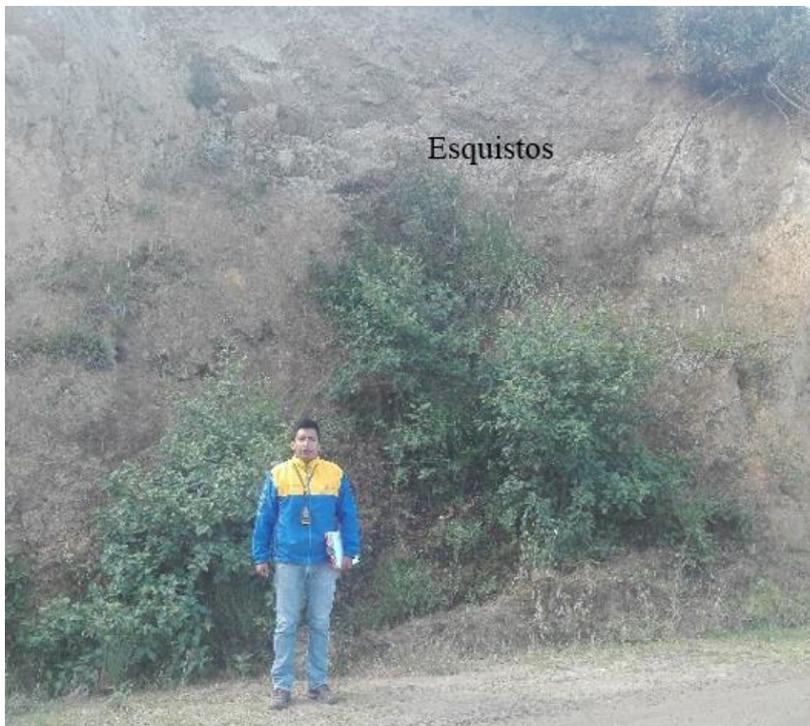
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción de afloramientos			
	Afloramiento No.	11		
Ubicación:	Ciudad Victoria		Fecha:	18/03/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas			
Coordenadas UTM	X: 695826	Y: 9557704	Z: 2211	
Formación/Unidad	Belén			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	Natural		Artificial	x
Relieve:	Llano		De colinas	x
	Bajo		Montañoso	
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	225°/59°NW			
Dimensiones:	10m x 4m aprox.			
Muestra:				
Estado de alteración:	Medio			
Observaciones: se observa una secuencia de lutitas de color blanquecino intercalado con capas de limolitas color marrón, de 3 a 5 centímetros de potencia. Se encuentran medianamente meteorizadas, y su buzamiento es de 59° al NW.				
Foto				
				

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
		Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	14	Datum		WGS-84	
Ubicación:	Vía antigua Loja - Chuquiribamba		Fecha:	18/03/2019	
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X: 692332	Y: 9569061	Z: 2592		
Formación/Unidad	Unidad Cera				
DESCRIPCIÓN					
Tipo:	Natural		Artificial	x	
Relieve:	Llano		De colinas		
	Bajo		Montañoso	X	
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	N/A	Dirección del afloramiento		S 38° E	
Dimensiones:	15m x 4m aprox.				
Muestra:					
Estado de alteración:	Alto				
Observaciones: En el afloramiento se observa un macizo rocoso constituido por roca riolacita, fuertemente fracturado, con textura afanítica con granos finos de minerales félsicas de tonalidad clara, como cuarzo y feldespatos potásicos.					
Foto					
					

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción de afloramientos		 Universidad Nacional de Loja	
	Afloramiento No.	15	Datum	WGS-84
Ubicación:	Vía antigua Loja - Chuquiribamba		Fecha:	18/03/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas			
Coordenadas UTM	X: 692350	Y: 9569341	Z: 2563	
Formación/Unidad	Unidad Cera			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	Natural		Artificial	x
Relieve:	Llano		De colinas	
	Bajo		Montañoso	X
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	53/149	Dirección del afloramiento		N 74° E
Dimensiones:	30m x 2.5m aprox.			
Muestra:				
Estado de alteración:	Medio			
<p>Observaciones: En el afloramiento se observa una discordancia erosiva entre el material tobáceo y la capa de riodacita que la sobreyace.</p> <p>Las tobas son de grano fino, poseen fractura concoidea, y tonalidad purpura, potencia de 1 metro; la riodacita se encuentra altamente alterada, potencia 1.5 m., se puede apreciar una textura afanítica y tonalidad clara, propia de las rocas félsicas.</p>				
<p>Foto</p> 				

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción de afloramientos		 Universidad Nacional de Loja	
	Afloramiento No.	16	Datum	WGS-84
Ubicación:	Vía antigua Loja - Chuquiribamba		Fecha:	18/03/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas			
Coordenadas UTM	X: 692052	Y: 9569320	Z: 2529	
Formación/Unidad	Unidad Cera			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	Natural		Artificial	x
Relieve:	Llano		De colinas	
	Bajo		Montañoso	X
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	348°/19°NE			
Dimensiones:	50m x 15m aprox.			
Muestra:				
Estado de alteración:	Medio			
Observaciones: El afloramiento está constituido en su totalidad por esquistos pelíticos de tonalidad gris verdosa, con biotita. Se encuentra medianamente alterado y su plano de foliación es de 19° al NE.				
Foto				
				

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción de afloramientos				
	Afloramiento No.	17	Datum	WGS-84	
Ubicación:	Vía antigua Loja - Chuquiribamba		Fecha:	18/03/2019	
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X: 691650	Y: 9568798	Z: 2481		
Formación/Unidad	Unidad Cera				
DESCRIPCIÓN					
Tipo:	Natural		Artificial	x	
Relieve:	Llano		De colinas		
	Bajo		Montañoso	x	
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	N/A				
Dimensiones:	50m x 15m aprox.				
Muestra:	LJ-R-5				
Estado de alteración:	Medio				
Observaciones: El afloramiento está compuesto de esquistos pelíticos muy alterados y Riolitas fuertemente alteradas, constituye la zona de contacto entre el material de origen ígneo y el metamórfico. En el flanco oeste se encuentran las riolitas fuertemente alteradas, y hacia el flanco izquierdo se halla una mezcla entre ambos materiales. Estos materiales poseen una media plasticidad.					
Foto					
					

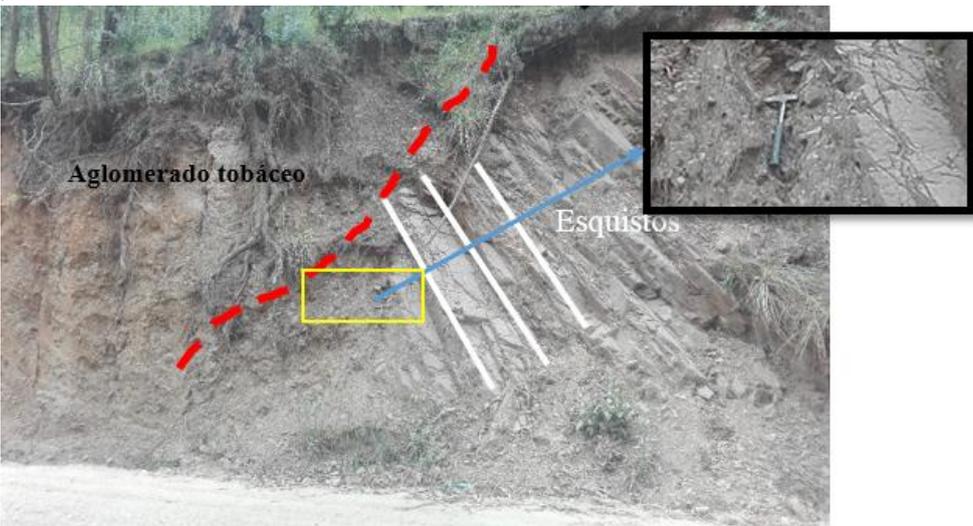
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción de afloramientos			
	Afloramiento No.	18		
Ubicación:	Vía antigua Loja - Chuquiribamba		Fecha:	19/03/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas			
Coordenadas UTM	X: 691297	Y: 9569135	Z: 2435	
Formación/Unidad	Unidad Cera			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	Natural		Artificial	x
Relieve:	Llano		De colinas	
	Bajo		Montañoso	X
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	N/A			
Dimensiones:	20m x 6m aprox.			
Muestra:				
Estado de alteración:	Alto			
<p>Observaciones: En el afloramiento se observa esquistos altamente alterados, con presencia de óxidos, lo cual le da una tonalidad amarillenta. Debido a la intensa meteorización no se distingue de manera clara los planos de foliación y por ende dificulta la toma de los elementos estructurales. Constituye el fin de la zona de alteración caolinítica.</p>				
<p>Foto</p> <div style="text-align: center;">  <p>Esquistos</p> </div>				

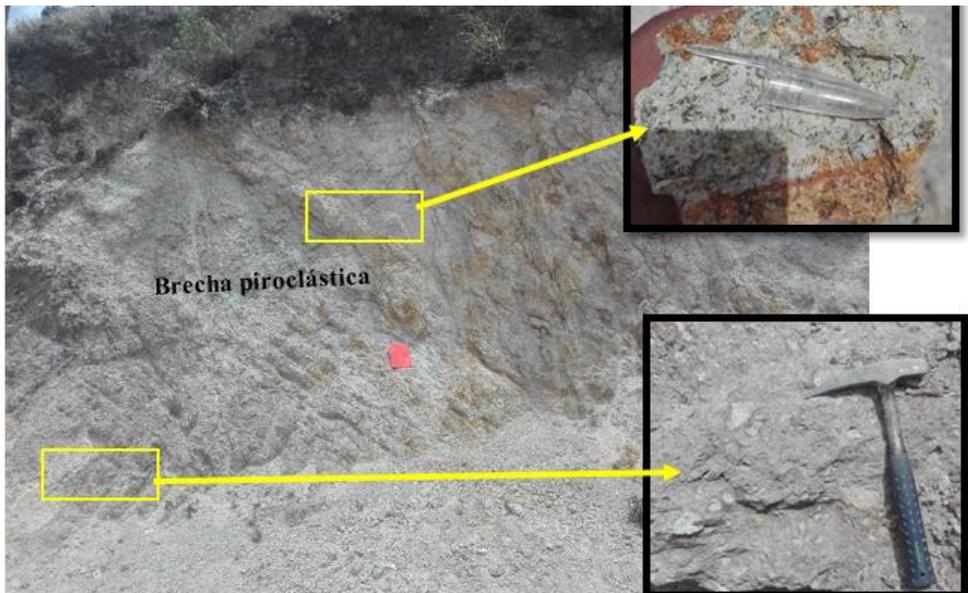
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción de afloramientos		 Universidad Nacional de Loja	
	Afloramiento No.	19	Datum	WGS-84
Ubicación:	Vía antigua Loja-Chuquiribamba		Fecha:	19/03/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas			
Coordenadas UTM	X: 691276	Y: 9569123	Z: 2428	
Formación/Unidad	Unidad Cera			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	Natural		Artificial	x
Relieve:	Llano		De colinas	
	Bajo		Montañoso	x
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	N/A			
Dimensiones:	30m x 3m aprox.			
Muestra:	LJ-R-6			
Estado de alteración:	Medio			
Observaciones: En el sitio se observan arcillas de color blanquecino y amarillento, con presencia de óxidos, poseen una alta plasticidad. El afloramiento tiene una altura de 3 metros aproximadamente. Estas arcillas probablemente son producto de la alteración de las riolitas de composición ácida presentes en el sector.				
Foto				
				

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción de afloramientos		 Universidad Nacional de Loja	
	Afloramiento No.	20	Datum	WGS-84
Ubicación:	Salapa Alto		Fecha:	19/03/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas			
Coordenadas UTM	X: 693606	Y: 9568778	Z: 2577	
Formación/Unidad	Unidad Cera			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	Natural		Artificial	x
Relieve:	Llano		De colinas	
	Bajo		Montañoso	x
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	N/A			
Dimensiones:	50m x 15m aprox.			
Muestra:	LJ-R-7			
Estado de alteración:	Medio			
<p>Observaciones: El afloramiento se ubica en una antigua concesión minera, de la cual se realizaba la extracción de caolín. En el sitio se observa un talud de 5 m de altura aproximadamente, compuesto de caolín de coloración blanquecina y amarillenta debido a los óxidos de hierro. El material presenta buena plasticidad.</p>				
<p>Foto</p> 				

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
		Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	21	Datum	WGS-84		
Ubicación:	Cera		Fecha:	19/03/2019	
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X: 690512	Y: 9568324	Z: 2249		
Formación/Unidad	Pórfido dacítico				
DESCRIPCIÓN					
Tipo:	Natural		Artificial	x	
Relieve:	Llano		De colinas		
	Bajo		Montañoso	x	
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	N/A				
Dimensiones:	20m x 4m aprox.				
Muestra:					
Estado de alteración:	Medio				
Observaciones: En el lugar se observa un macizo rocoso altamente alterado, presenta una coloración amarillenta, debido a la presencia de óxidos. Se trata de un pórfido dacítico con presencia de fenocristales de plagioclasas, cuarzo, cuyo tamaño de grano es de 2 mm, también presenta contenido de micas como la biotita.					
Foto					
					

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	22	Datum	WGS-84	
Ubicación:	Cera		Fecha:	19/03/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas			
Coordenadas UTM	X: 690804	Y: 9569222	Z: 2280	
Formación/Unidad	Unidad Cera			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	Natural		Artificial	x
Relieve:	Llano		De colinas	
	Bajo		Montañoso	x
Medidas estructurales (Rumbo/ Foliación)	167°/81°SW			
Dimensiones:	30m x 9m aprox.			
Muestra:				
Estado de alteración:	Medio			
<p>Observaciones: En el afloramiento se observa un contacto discordante entre los esquistos de la Unidad Cera y rocas volcánicas (riolita). En el flanco izquierdo del afloramiento los esquistos se encuentran medianamente alterados, con varias familias de juntas en el macizo rocoso. La dirección preferencial de la foliación es hacia el SW. En el flanco derecho se observan riolitas altamente alteradas, presentan una coloración blanquecina a amarillenta debido a la acción del intemperismo. Estas rocas presentan una textura afanítica.</p>				
<p>Foto</p> 				

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	23	Datum	WGS-84	
Ubicación:	Cera		Fecha:	19/03/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas			
Coordenadas UTM	X: 691159	Y: 9569882	Z: 2240	
Formación/Unidad	Unidad Cera			
DESCRIPCIÓN				
Tipo:	Natural		Artificial	x
Relieve:	Llano		De colinas	
	Bajo		Montañoso	x
Medidas estructurales (Rumbo/ Foliación)	183°/61NW			
Dimensiones:	20m x 5m aprox.			
Muestra:				
Estado de alteración:	Medio			
<p>Observaciones: Se observa el contacto discordante entre los esquistos de La Unidad Cera de coloración grisácea y cuya dirección preferencial de la foliación es al NW y las rocas piroclásticas de la Unidad Gonzabal, compuesto por aglomerado tobáceo de coloración amarillenta, estas rocas se encuentran medianamente alteradas. Los piroclastos tienen un tamaño superior a los 64 mm</p>				
Foto				
				

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
		Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	24	Datum	WGS-84		
Ubicación:	Taquil		Fecha:	19/03/2019	
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X: 689640	Y: 95369506	Z: 2305		
Formación/Unidad	Unidad Gonzabal				
DESCRIPCIÓN					
Tipo:	Natural		Artificial	x	
Relieve:	Llano		De colinas		
	Bajo		Montañoso	x	
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	N/A				
Dimensiones:	23m x 3m aprox.				
Muestra:					
Estado de alteración:	Medio				
<p>Observaciones: El afloramiento está constituido rocas piroclásticas, específicamente por brechas piroclásticas, poseen clastos cuyo tamaño va de 1 a 5 centímetros. En la parte superior el material se encuentra altamente meteorizado, (se disgrega al tacto), también se observa la presencia de óxidos, lo cual le brinda una tonalidad anaranjada. En la base del afloramiento las rocas poseen una mayor fortaleza, tal como se aprecia en la imagen en detalle de la foto anexada.</p>					
<p>Foto</p> 					

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
		Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	25	Datum	WGS-84		
Ubicación:	Taquil		Fecha:	19/03/2019	
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X: 699835	Y: 9569668	Z: 2247		
Formación/Unidad	Unidad Gonzabal				
DESCRIPCIÓN					
Tipo:	Natural		Artificial	x	
Relieve:	Llano		De colinas		
	Bajo	x	Montañoso		
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	171°/73°SW				
Dimensiones:	10m x 3m aprox.				
Muestra:					
Estado de alteración:	Medio				
Observaciones: En el afloramiento se observa el contacto entre brechas piroclástica de diversa composición. En el flanco derecho cuya tonalidad es clara (amarillo blanquecino) corresponde a una brecha piroclástica de composición Dacítica, mientras que la capa que la subyace corresponde a una brecha piroclástica de composición andesítica. El tamaño de los clastos varía entre los 3 y centímetros. Estas capas se encuentran buzando hacia el SW.					
Foto					
					

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
	Ficha de descripción de afloramientos		
Afloramiento No.	26	Datum	WGS-84
Ubicación:	Taquil		Fecha: 19/03/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas		
Coordenadas UTM	X: 697916	Y: 9568646	Z: 2005
Formación/Unidad	Unidad Gonzabal		
DESCRIPCIÓN			
Tipo:	Natural		Artificial x
Relieve:	Llano		De colinas
	Bajo	x	Montañoso
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	224°/13°NW		
Dimensiones:	45m x 10m aprox.		
Muestra:			
Estado de alteración:	Medio		
<p>Observaciones: En la base del afloramiento se puede observar una intercalación de lavas andesíticas y tobas de color púrpura, cuya potencia de las tobas varia de 0.2 a 0.3 centímetros, mientras que las capas de lavas andesíticas la potencia varia de 0.2 a 1 metro. En la parte superior se observa una capa de aglomerado, cuyos clastos tienen un tamaño de superior a los 0.8 metros.</p>			
<p>Foto</p> 			

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
	Ficha de de afloramientos		
Afloramiento No.	27	Datum	WGS-84
Ubicación:	Taquil		Fecha: 19/03/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas		
Coordenadas UTM	X: 687617	Y: 9568545	Z: 2001
Formación/Unidad	Unidad Gonzabal		
DESCRIPCIÓN			
Tipo:	Natural		Artificial x
Relieve:	Llano		De colinas
	Bajo	x	Montañoso
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	235°/16°NW		
Dimensiones:	80m x 12m aprox.		
Muestra:			
Estado de alteración:	Medio		
Observaciones: Se observa una intercalación de lavas andesíticas y tobas andesíticas de color purpura, cuya potencia de las tobas varia de 0.3 a 0.4 centímetros, mientras que las capas de lavas andesíticas la potencia varia de 0.2 a 1 metro.			
Foto			

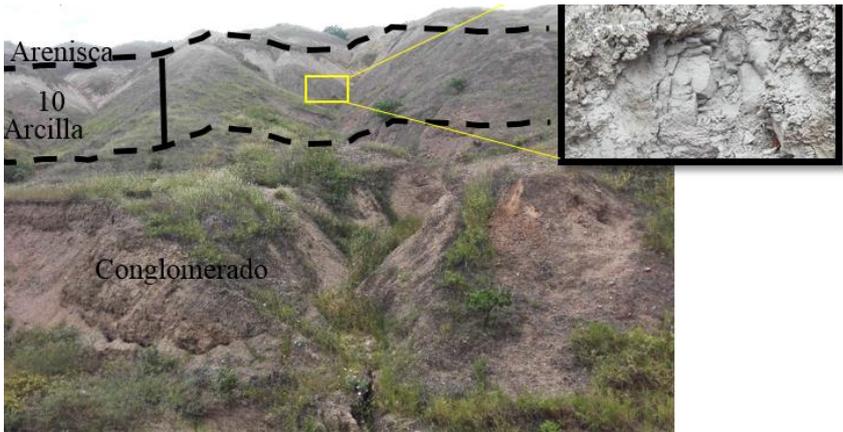
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
	Ficha de descripción de afloramientos		
Afloramiento No.	28	Datum	WGS-84
Ubicación:	Cera		Fecha: 01/04/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas		
Coordenadas UTM	X: 689275	Y: 99567334	Z: 2291
Formación/Unidad	Unidad Gonzabal		
DESCRIPCIÓN			
Tipo:	Natural		Artificial x
Relieve:	Llano		De colinas
	Bajo		Montañoso X
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	N/A		
Dimensiones:	12m x 4m aprox.		
Muestra:			
Estado de alteración:	Medio		
<p>Observaciones: El afloramiento se encuentra en corte en la ladera realizado para la construcción de un reservorio de agua. Se puede apreciar lavas andesíticas de tonalidad verdosa y púrpura, cuya potencia en promedio es de 2 m, en la parte superior existe caolín, se encuentra de coloración blanquecina y tamaño de grano muy fino, la potencia de este material es variable. En el flanco izquierda del afloramiento la potencia es de 1.7m; hacia el flanco izquierdo la potencia decrece a 0.4m.</p>			
Foto			
			

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
		Ficha de descripción de afloramientos		
Afloramiento No.	29	Datum	WGS-84	
Ubicación:	C era		Fecha:	01/04/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas			
Coordenadas UTM	X : 690180	Y : 99567994	Z: 2240	
Formación/Unidad	Unidad Gonzabal			
DE SCRIPCIÓN				
Tipo:	<i>Natural</i>		<i>Artificial</i>	x
Relieve:	<i>Llano</i>		<i>De colinas</i>	
	<i>Bajo</i>		<i>Montañoso</i>	X
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	N/A			
Dimensiones:	50m x 40m aprox.			
Muestra:				
Estado de alteración:	Medio			
<p>Observaciones: El lugar es una cantera artesanal donde los artesanos del Barrio Cera extraen el material arcilloso que utilizan para la elaboración de objetos cerámicos tales como ollas y tejas. Está constituido por arcillas de plasticidad media, coloración marrón y verdosa. Se estima una potencia superior a los 3 metros.</p>				
Foto				
				

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
		Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	30	Datum		WGS-84	
Ubicación:	C era			Fecha:	01/04/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X : 690331	Y : 99567722	Z : 2267		
Formación/Unidad	U nidad Gonzabal				
DE SCRIPCIÓN					
Tipo:	<i>Natural</i>		<i>Artificial</i>	x	
Relieve:	<i>Llano</i>		<i>De colinas</i>		
	<i>Bajo</i>		<i>Montañoso</i>	x	
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	N/A				
Dimensiones:	15m x 6m aprox.				
Muestra:					
Estado de alteración:	Medio				
Observaciones: El afloramiento se ubica en un talud de la vía Cera-Loja, está constituido en su totalidad por tobas andesíticas de color marrón. Presenta una disposición masiva de este material piroclástico, con una potencia visible 6 metros.					
Foto					
					

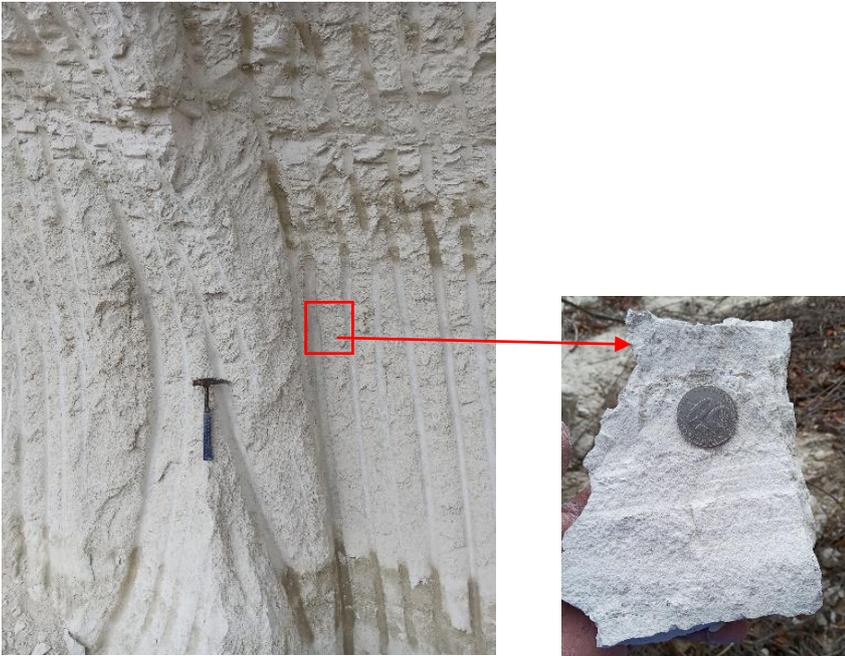
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
	Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	31	Datum	WGS-84	
Ubicación:	Cera		Fecha:	01/04/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas			
Coordenadas UTM	X : 695897	Y : 9528588	Z : 1962	
Formación/Unidad	C erro Mandango			
DE SCRIPCIÓN				
Tipo:	<i>Natural</i>		<i>Artificial</i>	x
Relieve:	<i>Llano</i>		<i>De colinas</i>	
	<i>Bajo</i>		<i>Montañoso</i>	x
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	N/A			
Dimensiones:	5m x 2m aprox.			
Muestra:				
Estado de alteración:	Medio			
Observaciones: El afloramiento está constituido por un paraconglomerado de guijas oligomíctico con clastos subredondeados y mal clasificado. Presenta una composición de clastos formada por esquistos y filitas, en una matriz limo arcillosa de color gris.				
Foto				
				

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
		Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	32	Datum		WGS-84	
Ubicación:	Manú			Fecha:	08/04/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X : 676266	Y : 9615440	Z : 2012		
Formación/Unidad	Chinchillo				
DE SCRIPCIÓN					
Tipo:	<i>Natural</i>		<i>Artificial</i>	x	
Relieve:	<i>Llano</i>		<i>De colinas</i>		
	<i>Bajo</i>		<i>Montañoso</i>	x	
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	N/A				
Dimensiones:	30m x 4m aprox.				
Muestra:					
Estado de alteración:	Medio				
Observaciones: El afloramiento está constituido por riolitas de color blanquecino. El macizo rocoso se encuentra medianamente diaclasado. En la parte inferior se observa la presencia de óxidos, dándole una tonalidad anaranjada, producto de la infiltración de agua desde la parte superior.					
Foto					
					

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	38	Datum	WGS-84		
Ubicación:	Sumaypamba		Fecha:	08/04/2019	
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X : 684125	Y : 9627857	Z : 1129		
Formación/Unidad	Grupo Ayancay				
DESCRIPCIÓN					
Tipo:	<i>Natural</i>	x	<i>Artificial</i>		
Relieve:	<i>Llano</i>		<i>De colinas</i>	x	
	<i>Bajo</i>		<i>Montañoso</i>		
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	152°/ 15°SW				
Dimensiones:	30m x 50m aprox.				
Muestra:	SR-R-7				
Estado de alteración:	Medio				
<p>Observaciones: Se trata de un afloramiento natural ubicado en el flanco de una quebrada seca, donde se observa la secuencia depositacional de estratos sedimentarios. En la base del afloramiento se encuentran un paraconglomerado de guijarros oligomítico con clastos subredondeados y mal clasificado. Con clastos de origen volcánico en una matriz limosa de color gris rojizo y una potencia de 4 metros. El estrato suprayacente se trata de arcilla de color gris, de buena plasticidad y una potencia de 10 metros. El estrato superior se trata de una intercalación fina de areniscas y arcillas de buena plasticidad.</p>					
<p>Foto</p> 					

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
		Ficha de descripción de afloramientos		
Afloramiento No.	92	Datum	WGS-84	
Ubicación:	El Tablón- Saraguro		Fecha:	08/09/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas			
Coordenadas UTM	X : 704256	Y : 9614806	Z : 2384	
Formación/Unidad	Saraguro			
DE SCRIPCIÓN				
Tipo:	<i>Natural</i>		<i>Artificial</i>	x
Relieve:	<i>Llano</i>		<i>De colinas</i>	
	<i>Bajo</i>		<i>Montañoso</i>	x
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	N/A			
Dimensiones:	100m x 30m aprox.			
Muestra:	SR-R-22			
Estado de alteración:	Medio			
Observaciones: El afloramiento está constituido por riolacíticas de color blanquecino. El macizo se encuentra fuertemente alterado, producto de lo cual el protolito volcánico se ha transformado ha material arcilloso, el cual presenta mediana plasticidad.				
Foto				
				

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
		Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	95	Datum	WGS-84		
Ubicación:	El Tablón		Fecha:	09/04/2019	
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X : 697969	Y : 9615735	Z : 1822		
Formación/Unidad	Saraguro				
DE SCRIPCIÓN					
Tipo:	<i>Natural</i>		<i>Artificial</i>	x	
Relieve:	<i>Llano</i>		<i>De colinas</i>		
	<i>Bajo</i>		<i>Montañoso</i>	x	
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	N/A				
Dimensiones:	40m x 3m aprox.				
Muestra:	SR-R-12				
Estado de alteración:	Alto				
Observaciones: El afloramiento está constituido por tobas riolacíticas fuertemente meteorizadas. En los flancos del afloramiento donde existe menos meteorización se observa fragmentos piroclásticos, de composición riolacítica de 10 a 20 cm. El fuerte intemperismo del lugar ha provocado que la roca se disgregue completamente, dando lugar a un tamaño de partícula de limo y arena. Este material no presenta plasticidad.					
Foto					
					

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
		Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	101	Datum	WGS-84		
Ubicación:	Saraguro –El Tablón		Fecha:	09/06/2019	
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X : 703118	Y : 9611130	Z : 2906		
Formación/Unidad	Tarqui				
DE SCRIPCIÓN					
Tipo:	<i>Natural</i>	x	<i>Artificial</i>		
Relieve:	<i>Llano</i>		<i>De colinas</i>	x	
	<i>Bajo</i>	x	<i>Montañoso</i>		
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	N/A				
Dimensiones:	80m x 6 m aprox.				
Muestra:	SR-R-14				
Estado de alteración:	Medio				
Observaciones: En el afloramiento se observa tobas dacíticas fuertemente alteradas, de color gris a blanquecina. El material presenta mediana plasticidad y una potencia visible de 6 metros y una extensión de 80 metros.					
Foto					
					

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
		Ficha de descripción de afloramientos		
Afloramiento No.	112	Datum	WGS-84	
Ubicación:	Urdaneta		Fecha:	10/09/2019
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas			
Coordenadas UTM	X : 703170	Y: 9600116	Z: 2267	
Formación/Unidad	Saraguro			
DE DESCRIPCIÓN				
Tipo:	<i>Natural</i>		<i>Artificial</i>	x
Relieve:	<i>Llano</i>		<i>De colinas</i>	x
	<i>Bajo</i>		<i>Montañoso</i>	
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	N/A			
Dimensiones:	30m x 4m aprox.			
Muestra:	SR-R-17			
Estado de alteración:	Medio			
Observaciones: En el afloramiento se observa material arcilloso fuertemente meteorizado, de color blanquecino y de buena plasticidad, en la parte superficial del talud se observa la presencia de oxidación. Presenta una potencia de 4 metros y una extensión de 30 metros.				
Foto				
				

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
		Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	123	Datum	WGS-84		
Ubicación:	Bellavista		Fecha:	10/09/2019	
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X : 693966	Y : 9596713	Z : 2896		
Formación/Unidad	Saraguro				
DE DESCRIPCIÓN					
Tipo:	<i>Natural</i>		<i>Artificial</i>	x	
Relieve:	<i>Llano</i>		<i>De colinas</i>	x	
	<i>Bajo</i>		<i>Montañoso</i>		
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	N/A				
Dimensiones:	40m x 4m aprox.				
Muestra:	SR-R-18				
Estado de alteración:	Medio				
Observaciones: En el afloramiento se observa tobas riolíticas fuertemente meteorizadas, y en proceso de caolinización. Además presenta buena plasticidad. Así como baja presencia oxidación superficial. El afloramiento tiene una potencia visible de 4 metros y una longitud de 40 m.					
Foto					
					

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
		Ficha de descripción de afloramientos			
Afloramiento No.	174	Datum	WGS-84		
Ubicación:	Quinara		Fecha:	15/09/2019	
Responsable:	Jackson Steewar Guajala Rojas				
Coordenadas UTM	X : 694592	Y : 9520053	Z : 1986		
Formación/Unidad	Formación Chigüinda				
DESCRIPCIÓN					
Tipo:	<i>Natural</i>		<i>Artificial</i>	x	
Relieve:	<i>Llano</i>		<i>De colinas</i>		
	<i>Bajo</i>		<i>Montañoso</i>	x	
Medidas estructurales (Rumbo/ Buzamiento)	230°/70NW				
Dimensiones:	100m x 10m aprox.				
Muestra:	LJ-R-20				
Estado de alteración:	Medio				
Observaciones: La muestra fue recolectada en el flanco SW del cerro Chalalapo, parroquia Quinara, del cantón Loja. En el lugar existen labores mineras subterráneas y que por el momento se encuentran abandonadas. Litológicamente el sitio se asienta sobre rocas metamórficas de la Unidad Chigüinda de edad Paleozoica. Las cuales han sido afectadas por fluidos hidrotermales, probablemente generados durante la intrusión de rocas graníticas de la Unidad Tres Lagunas de edad Triásica. Además se evidencia brechas de falla a 200 metros al sur del afloramiento. Dichos procesos hidrotermales han provocado la alteración mineralógica de la roca caja provocando en ella procesos de caolinización, asociado probablemente a una alteración argílica intermedia.					
Foto					
					

ANEXO 2. FICHAS DE DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS

 1859	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción macroscópica de rocas				
Cód. de muestra	LJ-R-24	Afloramiento No.	149	Datum:	WGS 84
Coordenadas UTM					
X=697007		Y=9576142		Z=1985	
Grupo genético	Ígnea		Fotografía		
Color de la roca	Gris claro				
Textura	Fanerítica				
Estructura	Masiva				
Tamaño de los componente medios	Grano medio 1-5 mm				
Composición mineralógica (%)	Cuarzo 50% Plagioclasas 30% Biotita 20%				
Minerales secundarios (%)					
Grado de meteorización	Alto				
Alteración					
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)					
Nombre de la roca	Granodiorita				
Observaciones	El macizo rocoso está cortado por diques de plagioclasas.				
Colector	Jackson Guajala				



		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción macroscópica de rocas			
Cód. de muestra	LJ-R-19	Afloramiento No.	148	Datum:	WGS 84
Coordenadas UTM					
X=694887		Y=9577703		Z=2027	
Grupo genético	Ígnea			Fotografía	
Color de la roca	Blanquecino				
Textura	Fanerítica				
Estructura	Masiva				
Tamaño de los componente medios	Grano medio 1-5 mm				
Composición mineralógica (%)	Cuarzo 70% Plagioclasas 25%				
Minerales secundarios (%)	Biotita 5%				
Grado de meteorización	Bajo				
Alteración					
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)					
Nombre de la roca	Granito				
Observaciones	Se observan cristales de plagioclasas de 10 a 20 mm				
Colector	Jackson Guajala				

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción macroscópica de rocas			
Coordenadas UTM					
X=692944		Y=960076		Z=2802	
Grupo genético		Ígnea		Fotografía	
Color de la roca		Gris			
Textura		Piroclástica			
Estructura		Masiva			
Tamaño de los componente medios		Grano medio 1-5 mm			
Composición mineralógica (%)		Cuarzo 70% Plagioclasa 25%			
Minerales secundarios (%)		Anfíboles 5%			
Grado de meteorización		Bajo			
Alteración					
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)					
Nombre de la roca		Toba dacítica			
Observaciones		Matriz félsica, oxidación producto de la meteorización			
Colector		Jackson Guajala			

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción macroscópica de rocas			
Cód. de muestra	--	Afloramiento No.	49	Datum:	WGS 84
Coordenadas UTM					
X=691554		Y=9606244		Z=2593	
Grupo genético	Ígnea		Fotografía		
Color de la roca	Gris verdoso				
Textura	Afanítica				
Estructura	Masiva				
Tamaño de los componente medios	Grano fino <1mm				
Composición mineralógica (%)	Cuarzo 50% Plagioclasa 25% Anfíboles y piroxenos 25%				
Minerales secundarios (%)					
Grado de meteorización	Bajo				
Alteración					
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)					
Nombre de la roca	Toba dacítica				
Observaciones	Matriz máfica, presencia de vetillas de sulfuros y calcita, de potencia < 1mm, tipo stockwork.				
Colector	Jackson Guajala				

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción macroscópica de rocas			
Cód. de muestra	--	Afloramiento No.	178	Datum:	WGS 84
Coordenadas UTM					
X=691260		Y=9530085		Z=1439	
Grupo genético	Ígnea			Fotografía	
Color de la roca	Gris				
Textura	Fanerítica				
Estructura	Masiva				
Tamaño de los componente medios	Grano medio 1 a 5 mm				
Composición mineralógica (%)	Cuarzo 50% Plagioclasas 30% Biotita 20%				
Minerales secundarios (%)					
Grado de meteorización	Bajo				
Alteración					
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)					
Nombre de la roca	Toba dacítica				
Observaciones	Matriz félsica, presencia de vetillas de calcita.				
Colector	Jackson Guajala				



		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción macroscópica de rocas			
Cód. de muestra	-	Afloramiento No.	134	Datum:	WGS 84
Coordenadas UTM					
X=692403		Y=9570879		Z=2619	
Grupo genético	Ígnea			Fotografía	
Color de la roca	Blanquecino				
Textura	Fanerítica				
Estructura	Masiva				
Tamaño de los componente medios	Grano medio 1 a 5 mm				
Composición mineralógica (%)	Cuarzo 50% Plagioclasas 30% Moscovita 17%				
Minerales secundarios (%)	Granate 3%				
Grado de meteorización	Bajo				
Alteración					
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)					
Nombre de la roca	Granito				
Observaciones	Matriz félsica, presencia de un halo de oxidación, producto de la meteorización en el macizo rocoso				
Colector	Jackson Guajala				

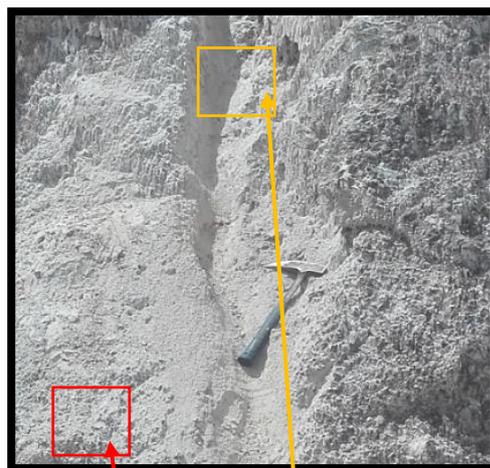


 1859	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción macroscópica de rocas		 Universidad Nacional de Loja		
Cód. de muestra	--	Afloramiento No.	140	Datum:	WGS 84
Coordenadas UTM					
X=700831		Y=9572902		Z=1851	
Grupo genético	Ígnea		Fotografía		
Color de la roca	Grisáceo				
Textura	Fanerítica				
Estructura	Masiva				
Tamaño de los componente medios	Grano medio 1 a 5 mm				
Composición mineralógica (%)	Cuarzo 50% Plagioclasas 30% Biotita 20%				
Minerales secundarios (%)					
Grado de meteorización	Alto				
Alteración					
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)					
Nombre de la roca	Granodiorita				
Observaciones	Matriz félsica				
Colector	Jackson Guajala				

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción macroscópica de rocas			
Cód. de muestra	--	Afloramiento No.	41	Datum:	WGS 84
Coordenadas UTM					
X=671109		Y=9606812		Z=3710	
Grupo genético	Ígnea			Fotografía	
Color de la roca	Gris				
Textura	Piroclástica				
Estructura	Masiva				
Tamaño de los componente medios	Grano medio 1 a 5 mm				
Composición mineralógica (%)	Cuarzo 60% Plagioclasas 35% Hornblenda 5%				
Minerales secundarios (%)					
Grado de meteorización	Bajo				
Alteración					
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)					
Nombre de la roca	Toba dacítica				
Observaciones	Matriz félsica				
Colector	Jackson Guajala				

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción macroscópica de rocas			
Cód. de muestra	--	Afloramiento No.	34	Datum:	WGS 84
Coordenadas UTM					
X=679546		Y=9619294		Z=2010	
Grupo genético	Ígnea			Fotografía	
Color de la roca	Gris verdoso				
Textura	Porfídica				
Estructura	Masiva				
Tamaño de los componente medios	Grano medio 1 a 5 mm				
Composición mineralógica (%)	Cuarzo 50% Plagioclasas 25% Piroxeno 15% Hornblenda 10%				
Minerales secundarios (%)					
Grado de meteorización	Bajo				
Alteración					
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)					
Nombre de la roca	Andesita porfídica				
Observaciones	Matriz máfica				
Colector	Jackson Guajala				

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción macroscópica de rocas				
Cód. de muestra	SR-R-8	Afloramiento No.	51	Datum:	WGS 84	
Coordenadas UTM						
X=	686995	Y=	9601058	Z=	2669	
Grupo genético	Ígnea		Fotografía			
Color de la roca	Gris blanquecino					
Textura	Afanítica					
Estructura	Masiva					
Tamaño de los componente medios	Grano fino < 1mm					
Composición mineralógica (%)	Cuarzo 70% Plagioclasas 20% Piroxeno 10%					
Minerales secundarios (%)						
Grado de meteorización	Alto					
Alteración						
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)						
Nombre de la roca	Riodacita					
Observaciones	La roca se encuentra fuertemente meteorizada, en la superficie se observa el material totalmente disgregado, tamaño de partícula de arena, con alto contenido de sílice y baja presencia de óxidos					
Colector	Jackson Guajala					



		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción macroscópica de rocas			
Cód. de muestra	SR-R-13	Afloramiento No.	97	Datum:	WGS 84
Coordenadas UTM					
X=702423		Y=9613184		Z=2725	
Grupo genético	Ígnea		Fotografía		
Color de la roca	Blanquecino				
Textura	Piroclástica				
Estructura	Masiva				
Tamaño de los componente medios	Grano medio 1 a 5 mm				
Composición mineralógica (%)	Cuarzo 70% Plagioclasas 30%				
Minerales secundarios (%)					
Grado de meteorización	Medio				
Alteración					
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)					
Nombre de la roca	Toba de cristales de composición riolítica				
Observaciones	Matriz félsica				
Colector	Jackson Guajala				

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción macroscópica de rocas			
Coordenadas UTM					
X=702220		Y=9605632		Z=3013	
Grupo genético		Ígneo		Fotografía	
Color de la roca		Blanca			
Textura		Piroclástica			
Estructura		Masiva			
Tamaño de los componente medios		Grano fino <1 mm			
Composición mineralógica (%)		Cuarzo 80% Plagioclasa 20%			
Minerales secundarios (%)					
Grado de meteorización		Medio			
Alteración					
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)					
Nombre de la roca		Toba riolítica			
Observaciones		Se observa estratificación del material piroclástico, presencia de óxidos producto de la meteorización			
Colector		Jackson Guajala			

“Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro de la provincia de Loja a escala 1:50000”

 1859	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ficha de descripción macroscópica de rocas				
Cód. de muestra	SR-R-21	Afloramiento No.	46	Datum:	WGS 84
Coordenadas UTM					
X=674681		Y=9628475		Z=1283	
Grupo genético	Ígneo		Fotografía		
Color de la roca	Blanco				
Textura	Afanítica				
Estructura	Masiva				
Tamaño de los componente medios	Grano fino <1mm				
Composición mineralógica (%)	Cuarzo 90% Plagioclasas 10%				
Minerales secundarios (%)					
Grado de meteorización	Medio a alto				
Alteración					
Protolito (en caso de ser roca metamórfica)					
Nombre de la roca	Toba riolítica				
Observaciones					
Colector	Jackson Guajala				

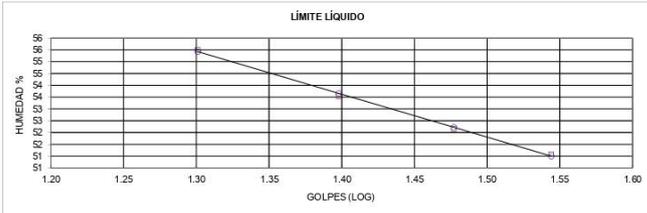
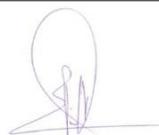
ANEXO 3. MAPA DE AFLORAMIENTOS

ANEXO 4. MAPA DE MUESTRAS RECOLECTADAS

ANEXO 5. MAPA GEOLÓGICO

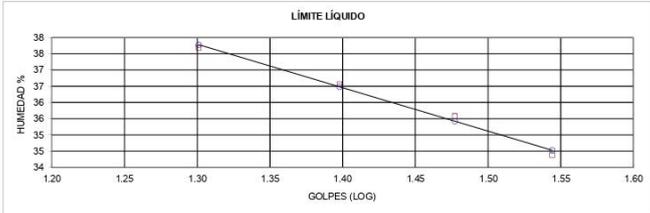
ANEXO 6. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOS DE LAS MUESTRAS

“Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro de la provincia de Loja a escala 1:50000”

	ISRAEL S. VILLAVIENCIO ALDAZ. INGENIERO CIVIL	DISEÑOS ESTRUCTURALES. ESTUDIOS DE SUELOS. CONSTRUCCIÓN. FIDELIZACIÓN. CONSULTORÍAS. FRECUENTES. TOPOGRAFÍA.																																																														
PROYECTO: X Y Z COORDENA: 690,890.00 9,535,048.00 1,536.00 LOCALIZAC: San Jose de Ceibopamba CODIGO: LJR-1	NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27 AFLORAM. 1 MUESTREO: Compuesto PROFUNDIDAD: FECHA 01/09/2019																																																															
	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>GOLPES</th> <th>PESO HUM</th> <th>PESO SECO</th> <th>CÁPSULA</th> <th>w %</th> <th>RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. CONTENIDO DE AGUA</td> <td></td> <td>103.16 98.23</td> <td>96.30 91.80</td> <td>17.54 17.34</td> <td>8.71 8.64</td> <td>8.67</td> </tr> <tr> <td>2.- LÍM. LÍQUIDO</td> <td>20 25 30 35</td> <td>39.64 33.42 37.15 37.73</td> <td>31.68 27.83 30.38 30.95</td> <td>17.34 17.39 17.40 17.68</td> <td>55.51 53.54 52.16 51.09</td> <td>53.66</td> </tr> <tr> <td>3.- LÍMITE PLÁSTICO</td> <td></td> <td>11.71 12.22</td> <td>11.23 11.75</td> <td>8.20 8.80</td> <td>15.84 15.93</td> <td>15.89</td> </tr> </tbody> </table>		GOLPES	PESO HUM	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO	1. CONTENIDO DE AGUA		103.16 98.23	96.30 91.80	17.54 17.34	8.71 8.64	8.67	2.- LÍM. LÍQUIDO	20 25 30 35	39.64 33.42 37.15 37.73	31.68 27.83 30.38 30.95	17.34 17.39 17.40 17.68	55.51 53.54 52.16 51.09	53.66	3.- LÍMITE PLÁSTICO		11.71 12.22	11.23 11.75	8.20 8.80	15.84 15.93	15.89																																			
	GOLPES	PESO HUM	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO																																																										
1. CONTENIDO DE AGUA		103.16 98.23	96.30 91.80	17.54 17.34	8.71 8.64	8.67																																																										
2.- LÍM. LÍQUIDO	20 25 30 35	39.64 33.42 37.15 37.73	31.68 27.83 30.38 30.95	17.34 17.39 17.40 17.68	55.51 53.54 52.16 51.09	53.66																																																										
3.- LÍMITE PLÁSTICO		11.71 12.22	11.23 11.75	8.20 8.80	15.84 15.93	15.89																																																										
4.- GRANULOMETRÍA PESO IN= 250.00 (H/S) S PESO INICIAL DE CÁLCULO: 250.00	5.- CLASIFICACIÓN																																																															
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>PESO RT.</th> <th>% RET</th> <th>% PASA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1"</td><td>0.00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>0.00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>0.00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>0.00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>0.00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>0.00</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>0.40</td><td>0.16</td><td>99.84</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>0.28</td><td>0.11</td><td>99.89</td></tr> </tbody> </table>	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	100	No. 40	0.40	0.16	99.84	No. 200	0.28	0.11	99.89	<table style="width:100%;"> <tr> <td>GRAVA</td> <td align="right">0</td> </tr> <tr> <td>ARENA</td> <td align="right">0</td> </tr> <tr> <td>FINOS</td> <td align="right">100</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> <tr> <td>LL =</td> <td align="right">54.00</td> </tr> <tr> <td>LP =</td> <td align="right">16.00</td> </tr> <tr> <td>IP =</td> <td align="right">38.00</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> <tr> <td>CLASIFICACIÓN</td> <td>CH</td> </tr> <tr> <td>SUCS:</td> <td>A-7-6</td> </tr> <tr> <td>AASHTO:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IG(86):</td> <td align="right">41</td> </tr> <tr> <td>IG(45):</td> <td align="right">19</td> </tr> </table>		GRAVA	0	ARENA	0	FINOS	100			LL =	54.00	LP =	16.00	IP =	38.00			CLASIFICACIÓN	CH	SUCS:	A-7-6	AASHTO:		IG(86):	41	IG(45):	19
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	100																																																													
No. 40	0.40	0.16	99.84																																																													
No. 200	0.28	0.11	99.89																																																													
GRAVA	0																																																															
ARENA	0																																																															
FINOS	100																																																															
LL =	54.00																																																															
LP =	16.00																																																															
IP =	38.00																																																															
CLASIFICACIÓN	CH																																																															
SUCS:	A-7-6																																																															
AASHTO:																																																																
IG(86):	41																																																															
IG(45):	19																																																															
																																																																
CLASIFICACIÓN AASHTO: Arcilla de alta plasticidad (A-7-6)																																																																
																																																																
Ing. Civil, Israel S. Villavencio Aldaz. LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR CEL: 0991212789 DIR.: Zamora - Ecuador.																																																																

"Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro de la provincia de Loja a escala 1:50000"

		ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ, INGENIERO CIVIL			DISEÑOS ESTRUCTURALES; ESTUDIOS DE BUELOS; CONSTRUCCIÓN; FIBRALIZACIÓN; CONSULTORIAS; PRESUPUESTOS; TOPOGRAFIA;		
PROYECTO : COORDENA: LOCALIZAC: CODIGO	X 691,650.00 Cera LJ-R-5	Y 9,568,798.00	Z 2,481.00	NORMA: AFLORAM. MUESTREO: PROFUNDIDAD: FECHA	ASTM D 4318, AASHTO T-27 17 Compuesto 01/09/2019		
		GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA			65.87 68.00	64.73 66.75	17.75 17.33	2.43 2.53	2.48
2- LÍM. LÍQUIDO	20 25 30 35	35.63 36.93 37.89 37.15	30.75 31.80 32.47 32.01	17.80 17.77 17.24 17.06		37.68 36.56 35.59 34.38	36.48
3- LÍMITE PLÁSTICO		12.26 12.06	11.78 11.60	8.92 8.83		16.78 16.61	16.69
4- GRANULOMETRÍA				5- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 150.00		(H/S)	S	GRAVA		0	
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			150.00	ARENA		36	
				FINOS		64	
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =		36.00	
1"	0.00	0	100	LP =		17.00	
3/4"	0.00	0	100	IP =		19.00	
1/2"	0.00	0	100				
3/8"	0.00	0	100	CLASIFICACIÓN			
No. 4	0.00	0	100	SUCS :		CL	
No. 10	1.20	0.80	99.20	AASHTO:		A-6	
No. 40	4.60	3.07	96.93	IG(86):		10	
No. 200	53.80	35.87	64.13	IG(45):		9	



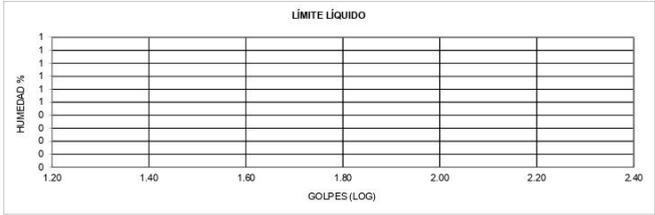
LÍMITE LÍQUIDO

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



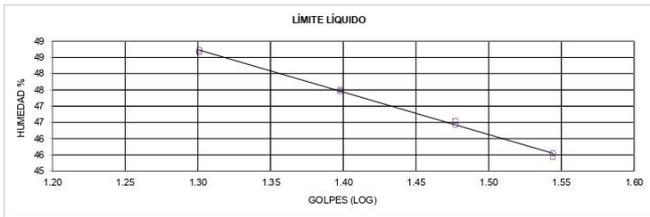
Ing. Civil, Israel S. Villavicencio Aldaz.
LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR
 CEL: 0991212789 DIR.: Zamora - Ecuador.

"Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro de la provincia de Loja a escala 1:50000"

		ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ. INGENIERO CIVIL			DISEÑOS ESTRUCTURALES. ESTUDIOS DE SUELOS. CONSTRUCCIÓN. FINALIZACIÓN. CONSULTORIAS. PRESUPUESTOS. TOPOGRAFIA.		
PROYECTO: X Y Z		COORDENA: 691,276.00 956,123.00 2,429.00			NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27		
LOCALIZAC: Cera		CODIGO LJ-R-6			AFLORAM. 19		
					MUESTREO: Compuesto		
					PROFUNDIDAD:		
					FECHA 02/09/2019		
		GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA			100.20 82.55	95.87 79.10	17.44 17.52	5.52 5.60	5.56
2.- LÍM. LÍQUIDO							
3.- LÍMITE PLÁSTICO							
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 150.00 (H/S) S		PESO INICIAL DE CÁLCULO: 150.00		GRAVA 0		ARENA 22	
				FINOS 78			
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA				
1"	0.00	0	100	LL = 0.00			
3/4"	0.00	0	100	LP = 0.00			
1/2"	0.00	0	100	IP = 0.00			
3/8"	0.00	0	100	CLASIFICACIÓN SUCS : ML AASHTO: A-4 IG(86): 9 IG(45): 8			
No. 4	0.00	0	100				
No. 10	0.00	0.00	100.00				
No. 40	0.40	0.27	99.73				
No. 200	33.00	22.00	78.00				
							
CLASIFICACIÓN AASHTO: Limo de baja plasticidad (A-4)							
							
Ing. Civil, Israel S. Villavicencio Aldaz. LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR CEL: 0991212789 DIR.: Zamara - Ecuador.							

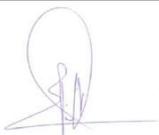
"Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro de la provincia de Loja a escala 1:50000"

		ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ, INGENIERO CIVIL		DISEÑOS ESTRUCTURALES, ESTUDIOS DE SUELOS, CONSTRUCCIÓN, FIBRALIZACIÓN, CONSULTORÍAS, PRESUPUESTOS, TOPOGRAFÍA.		
PROYECTO: X Y Z		NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27		AFLORAM.: 20		
COORDENA: 693,606.00 9,568,778.00 2,577.00		MUESTREO: Compuesto		PROFUNDIDAD:		
LOCALIZAC: Salapa		FECHA: 02/09/2019				
CODIGO: L-J-R-7						
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		90.20 88.51	87.00 85.20	17.43 17.28	4.60 4.87	4.74
2.- LÍM. LÍQUIDO	20 25 30 35	37.15 37.16 37.02 40.17	30.79 30.95 30.81 33.05	17.72 17.88 17.47 17.38	48.66 47.51 46.55 45.44	47.46
3.- LÍMITE PLÁSTICO		10.98 11.93	10.61 11.53	8.27 8.99	15.81 15.75	15.78
4.- GRANULOMETRÍA			5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 150.00 (H/S) S		PESO INICIAL DE CÁLCULO: 150.00		GRAVA 0 ARENA 11 FINOS 89		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA			
1"	0.00	0	100	LL = 47.00		
3/4"	0.00	0	100	LP = 16.00		
1/2"	0.00	0	100	IP = 31.00		
3/8"	0.00	0	100	CLASIFICACIÓN		
No. 4	0.00	0	100	SUCS: CL		
No. 10	0.00	0.00	100.00	AASHTO: A-7-6		
No. 40	0.10	0.07	99.93	IG(86): 28		
No. 200	16.80	11.20	88.80	IG(45): 17		



LÍMITE LÍQUIDO

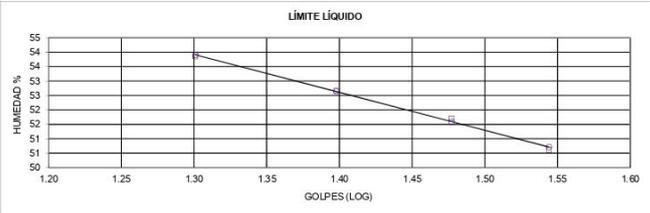
CLASIFICACIÓN AASHTO: Arcilla de baja plasticidad (A-7-6)



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

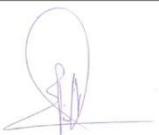
“Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro de la provincia de Loja a escala 1:50000”

		ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ. INGENIERO CIVIL			DISEÑOS ESTRUCTURALES. ESTUDIOS DE SUELOS. CONSTRUCCIÓN. FISCALIZACIÓN. CONSULTORÍAS. PRESUPUESTOS. TOPOGRAFÍA.		
PROYECTO: X Y Z		683,870.00 9,627,490.00 1,129.00			NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27 AFLORAM: 38 MUESTREO: Compuesto PROFUNDIDAD: FECHA: 03/09/2019		
COORDENA: LOCALIZAC: Sumaypamba CODIGO: SR-R-7							
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO	
1. CONTENIDO DE AGUA		109.00 102.00	103.00 96.13	17.63 17.55	7.03 7.47	7.25	
2.- LÍM. LÍQUIDO	20	30.90	26.15	17.33	53.85	52.63	
	25	29.38	25.24	17.38	52.67		
	30	32.50	27.35	17.39	51.71		
	35	35.97	29.82	17.67	50.62		
3.- LÍMITE PLÁSTICO		11.36 11.69	10.87 11.23	8.21 8.79	18.42 18.85	18.64	
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 150.00 (H/S) S PESO INICIAL DE CÁLCULO: 150.00				GRAVA	0		
				ARENA	1		
				FINOS	99		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA				
1"	0.00	0	100	LL = 53.00 LP = 19.00 IP = 34.00			
3/4"	0.00	0	100				
1/2"	0.00	0	100				
3/8"	0.00	0	100				
No. 4	0.00	0	100	CLASIFICACIÓN SUCS : CH AASHTO: A-7-6 IG(86): 37 IG(45): 19			
No. 10	0.20	0.13	99.87				
No. 40	0.90	0.60	99.40				
No. 200	1.70	1.13	98.87				



LÍMITE LÍQUIDO

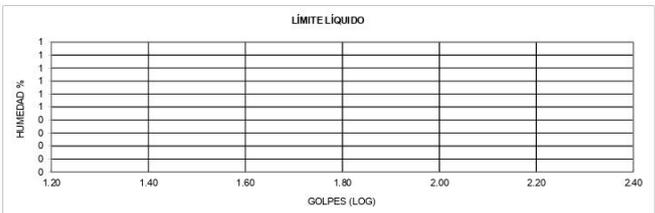
CLASIFICACIÓN AASHTO: Arcilla de alta plasticidad (A-7-6)



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

"Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro de la provincia de Loja a escala 1:50000"

	ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ. INGENIERO CIVIL	DISEÑOS ESTRUCTURALES. ESTUDIOS DE SUELOS. CONSTRUCCIÓN. FINALIZACIÓN. CONSULTORÍAS. PRESUPUESTOS. TOPOGRAFÍA.																														
PROYECTO: X Y Z COORDENA: 686,995.00 9,601,058.00 2,669.00 LOCALIZAC: Tenta CODIGO: SR-R-8	NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27 AFLORAM: 51 MUESTREO: Compuesto PROFUNDIDAD: FECHA: 04/09/2019																															
	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>GOLPES</th> <th>PESO HUM.</th> <th>PESO SECO</th> <th>CÁPSULA</th> <th>w %</th> <th>RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>86.45 80.33</td> <td>82.15 76.50</td> <td>17.80 17.30</td> <td>6.68 6.47</td> <td>6.58</td> </tr> <tr> <td colspan="6">1.- CONTENIDO DE AGUA</td> </tr> <tr> <td colspan="6">2.- LIM. LÍQUIDO</td> </tr> <tr> <td colspan="6">3.- LÍMITE PLÁSTICO</td> </tr> </tbody> </table>	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO		86.45 80.33	82.15 76.50	17.80 17.30	6.68 6.47	6.58	1.- CONTENIDO DE AGUA						2.- LIM. LÍQUIDO						3.- LÍMITE PLÁSTICO						
GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO																											
	86.45 80.33	82.15 76.50	17.80 17.30	6.68 6.47	6.58																											
1.- CONTENIDO DE AGUA																																
2.- LIM. LÍQUIDO																																
3.- LÍMITE PLÁSTICO																																
4.- GRANULOMETRÍA			5.- CLASIFICACIÓN																													
PESO IN= 150.00 (H/S) S PESO INICIAL DE CÁLCULO: 150.00			GRAVA 1 ARENA 30 FINOS 69																													
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA																													
1"	0.00	0	100	LL = 0.00																												
3/4"	0.00	0	100	LP = 0.00																												
1/2"	0.00	0	100	IP = 0.00																												
3/8"	0.00	0	100	CLASIFICACIÓN SUCS: ML AASHTO: A-4 IG(86): 7 IG(45): 7																												
No. 4	2.10	1	99																													
No. 10	4.60	3.07	96.93																													
No. 40	6.30	4.20	95.80																													
No. 200	47.00	31.33	68.67																													



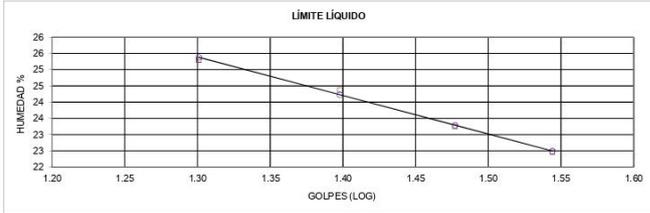
LÍMITE LÍQUIDO

CLASIFICACIÓN AASHTO: Limo de baja plasticidad (A-4)


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

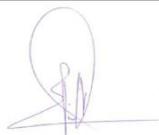
"Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro de la provincia de Loja a escala 1:50000"

		ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ. INGENIERO CIVIL		DISEÑOS ESTRUCTURALES. ESTUDIOS DE SUELOS. CONSTRUCCIÓN. FINALIZACIÓN. CONSULTORIAS. PRESUPUESTOS. TOPOGRAFÍA.		
PROYECTO: X COORDENA: 667,472.00 LOCALIZAC: Ambocas CODIGO: LJR-11	Y 9,577,384.00	Z 1,672.00	NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27 AFLORAM: 88 MUESTREO: Compuesto PROFUNDIDAD: FECHA: 05/09/2019			
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		66.90 67.20	59.47 59.95	17.31 17.54	17.62 17.10	17.36
2.- LÍM. LÍQUIDO	20 25 30 35	40.41 39.00 39.62 38.77	35.82 34.80 35.36 34.85	17.68 17.57 17.04 17.40	25.30 24.38 23.25 22.46	24.23
3.- LÍMITE PLÁSTICO		11.91 11.83	11.60 11.52	8.99 8.79	11.88 11.36	11.62
4.- GRANULOMETRÍA			5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 150.00 (H/S) S PESO INICIAL DE CÁLCULO: 150.00			GRAVA 1 ARENA 60 FINOS 39			
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 24.00 LP = 12.00 IP = 12.00		
1"	0.00	0	100	CLASIFICACIÓN SUCS: SC AASHTO: A-6 IG(86): 1 IG(45): 1		
3/4"	0.00	0	100			
1/2"	0.00	0	100			
3/8"	0.00	0	100			
No. 4	1.60	1	99			
No. 10	2.70	1.80	98.20			
No. 40	26.90	17.93	82.07			
No. 200	91.50	61.00	39.00			



LÍMITE LÍQUIDO

CLASIFICACIÓN AASHTO: Arena arcillosa de baja plasticidad (A-6)

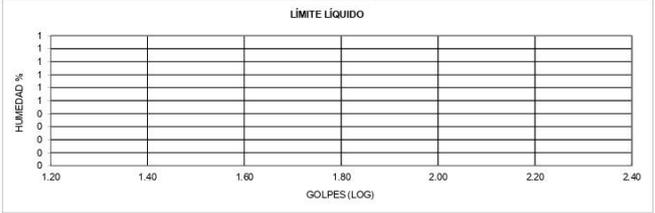


Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz.
LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR
 CEL: 0991212789 DIR.: Zamora - Ecuador.

“Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro de la provincia de Loja a escala 1:50000”

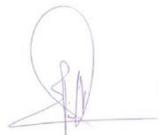
		ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ. INGENIERO CIVIL		DISEÑOS ESTRUCTURALES. ESTUDIOS DE SUELOS. CONSTRUCCIÓN. FIDELIZACIÓN. CONSULTORÍAS. PRESUPUESTOS. TOPOGRAFÍA.		
PROYECTO:	X	Y	Z	NORMA:	ASTM D 4318, AASHTO T-27	
COORDENA:	697,969.00	9,615,735.00	1,822.00	AFLORAM.	95	
LOCALIZAC:	El Tablón			MUESTREO:	Compuesto	
CODIGO	SR-R-12			PROFUNDIDAD:		
				FECHA	07/09/2019	

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		55.41 56.95	53.73 55.38	17.71 17.65	4.66 4.16	4.41
2.- LÍM. LÍQUIDO						
3.- LÍMITE PLÁSTICO						
4.- GRANULOMETRÍA	5.- CLASIFICACIÓN					
PESO IN=	150.00	(H/S)	S	GRAVA	1	
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			150.00	ARENA	8	
				FINOS	91	
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 0.00		
1"	0.00	0	100	LP = 0.00		
3/4"	0.00	0	100	IP = 0.00		
1/2"	0.00	0	100			
3/8"	0.00	0	100			
No. 4	1.60	1	99	CLASIFICACIÓN		
No. 10	2.60	1.73	98.27	SUCS: ML		
No. 40	4.10	2.73	97.27	AASHTO: A-4		
No. 200	13.60	9.07	90.93	IG(66): 11		
				IG(45): 8		



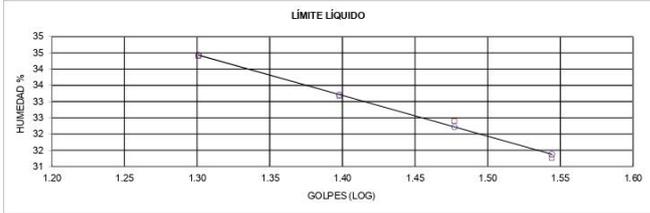
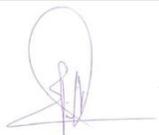
LÍMITE LÍQUIDO

CLASIFICACIÓN AASHTO: Limo de baja plasticidad (A-4)

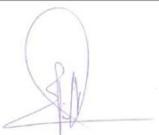


Ing. Civil, Israel S. Villavicencio Aldaz.
LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR
 CEL: 0991212789 DIR.: Zamora - Ecuador.

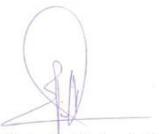
“Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro de la provincia de Loja a escala 1:50000”

		ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ. INGENIERO CIVIL			DISEÑOS ESTRUCTURALES. ESTUDIOS DE SUELOS. CONSTRUCCIÓN. REALIZACIÓN. CONSULTORIAS. PRESUPUESTOS. TOPOGRAFIA.		
PROYECTO : COORDENA: LOCALIZAC: CODIGO	X 702,423.00 Urdaneta SR-R-13	Y 9,613,184.00	Z 2,725.00	NORMA: AFLORAM. MUESTREO: PROFUNDIDAD: FECHA	ASTM D 4318, AASHTO T-27 97 Compuesto 06/09/2019		
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO	
1. CONTENIDO DE AGUA		74.64 72.80	71.71 69.99	17.73 17.69	5.43 5.37	5.40	
2.- LÍM. LÍQUIDO	20 25 30 35	40.73 38.92 43.78 37.99	34.74 33.55 37.32 33.15	17.33 17.36 17.38 17.67	34.41 33.17 32.40 31.27	33.21	
3.- LÍMITE PLÁSTICO		11.83 11.96	11.35 11.54	8.21 8.79	15.29 15.27	15.28	
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 150.00		(H/S) S		GRAVA		0	
PESO INICIAL DE CÁLCULO:		150.00		ARENA		65	
				FINOS		35	
TAMIZ	PESO RT.	% RET.	% PASA				
1"	0.00	0	100	LL = 33.00			
3/4"	0.00	0	100	LP = 15.00			
1/2"	0.00	0	100	IP = 18.00			
3/8"	0.00	0	100	CLASIFICACIÓN SUCS : SC AASHTO: A-6 IG(86): 2 IG(45): 2			
No. 4	0.00	0	100				
No. 10	10.20	6.80	93.20				
No. 40	50.80	33.87	66.13				
No. 200	97.40	64.93	35.07				
							
CLASIFICACIÓN AASHTO: Arena arcillosa de baja plasticidad (A-6)							
 Ing. Civil, Israel S. Villavicencio Aldaz. LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR CEL: 0991212789 DIR.: Zamora - Ecuador.							

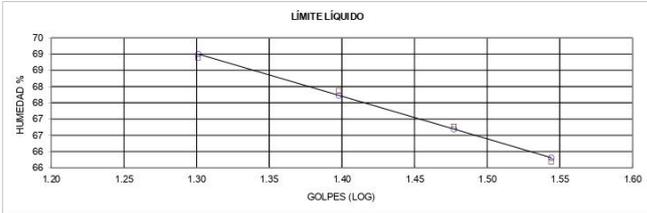
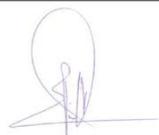
“Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro de la provincia de Loja a escala 1:50000”

		ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ. INGENIERO CIVIL		DISEÑOS ESTRUCTURALES. ESTUDIOS DE SUELOS. CONSTRUCCIÓN. FISCALIZACIÓN. CONSULTORIAS. PRESUPUESTOS. TOPOGRAFIA.		
PROYECTO : X Y Z		NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27		AFLORAM: 101		
COORDENA: 703,118.00 9,611,130.00 2,906.00		MUESTREO: Compuesto		PROFUNDIDAD:		
LOCALIZAC: San Antonio de Cumbe		FECHA: 08/09/2019				
CODIGO: SR-R-14						
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		45.97 45.31	44.16 43.56	17.62 17.26	6.82 6.65	6.74
2. LIM. LÍQUIDO	20 25 30 35	35.30 37.49 36.64 42.97	30.01 31.56 31.15 35.82	17.60 17.24 17.57 17.75	42.63 41.41 40.43 39.57	41.41
3. LÍMITE PLÁSTICO		13.16 12.47	12.50 11.90	8.92 8.85	18.44 18.69	18.56
4. GRANULOMETRÍA			5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 150.00 (H/S) S		PESO INICIAL DE CÁLCULO: 150.00		GRAVA 0 ARENA 10 FINOS 90		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA			
1"	0.00	0	100	LL = 41.00 LP = 19.00 IP = 22.00		
3/4"	0.00	0	100			
1/2"	0.00	0	100			
3/8"	0.00	0	100			
No. 4	0.00	0	100	CLASIFICACIÓN SUCS : CL AASHTO: A-7-6 IG(86): 20 IG(45): 13		
No. 10	1.30	0.87	99.13			
No. 40	5.90	3.93	96.07			
No. 200	15.60	10.40	89.60			
						
CLASIFICACIÓN AASHTO: Arcilla de baja plasticidad (A-7-6)						
						
Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz. LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR CEL: 0991212789 DIR.: Zamora - Ecuador.						

"Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro de la provincia de Loja a escala 1:50000"

		ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ. INGENIERO CIVIL			DISEÑOS ESTRUCTURALES. ESTUDIOS DE SUELOS. CONSTRUCCIÓN. FIDELIZACIÓN. CONSULTORÍAS. PRESUPUESTOS. TOPOGRAFÍA.		
PROYECTO:	X	Y	Z	NORMA:	ASTM D 4318, AASHTO T-27		
COORDENA:	700,001.00	9,602,999.00	2,831.00	AFLORAM:	107		
LOCALIZAC:	Urdaneta			MUESTREO:	Compuesto		
CODIGO:	SR-R-15			PROFUNDIDAD:			
				FECHA:	10/09/2019		
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO	
1. CONTENIDO DE AGUA		60.09 60.20	52.20 52.70	17.71 17.44	22.88 21.27	22.07	
2.- LIM. LÍQUIDO	20 25 30 35	34.62 33.14 37.35 41.38	29.65 28.67 31.77 34.75	17.67 17.66 17.71 17.55	41.49 40.60 39.69 38.55	40.46	
3.- LÍMITE PLÁSTICO		10.74 10.75	10.42 10.43	8.67 8.66	18.29 18.08	18.18	
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 150.00		(H/S)	S	GRAVA		0	
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			150.00	ARENA		35	
				FINOS		65	
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =		40.00	
1"	0.00	0	100	LP =		18.00	
3/4"	0.00	0	100	IP =		22.00	
1/2"	0.00	0	100				
3/8"	0.00	0	100	CLASIFICACIÓN			
No. 4	0.00	0	100	SUCS:		CL	
No. 10	0.80	0.53	99.47	AASHTO:		A-6	
No. 40	20.30	13.53	86.47	IG(86):		12	
No. 200	52.00	34.67	65.33	IG(45):		11	
							
CLASIFICACIÓN AASHTO: Arcilla de baja plasticidad (A-6)							
							
Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz. LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR CEL: 0991 212789 DIR.: Zamora - Ecuador.							

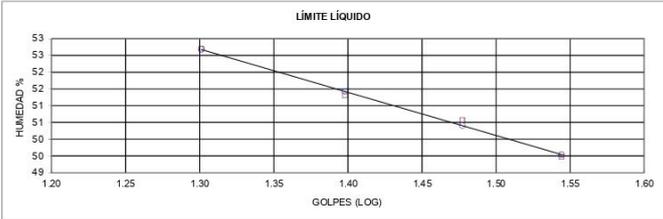
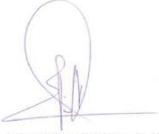
"Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro de la provincia de Loja a escala 1:50000"

		ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ. INGENIERO CIVIL		DISEÑOS ESTRUCTURALES. ESTUDIOS DE SUELOS. CONSTRUCCIÓN. FISCALIZACIÓN. CONSULTORÍAS. PRESUPUESTOS. TOPOGRAFÍA.		
PROYECTO: COORDENA: LOCALIZAC: CODIGO	X 703,170.00 Urdaneta SR-R-17	Y 9,600,116.00	Z 2,267.00	NORMA: AFLORAM. MUESTREO: PROFUNDIDAD: FECHA	ASTM D 4318, AASHTO T-27 112 Compuesto 10/09/2019	
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		52.05 53.18	47.60 48.44	17.34 17.24	14.71 15.19	14.95
2. LÍM. LÍQUIDO	20 25 30 35	38.10 39.78 37.99 34.40	29.73 30.80 29.61 27.66	17.58 17.57 17.06 17.40	68.89 67.88 66.77 65.69	67.73
3. LÍMITE PLÁSTICO		10.56 10.44	10.25 10.11	9.01 8.80	25.00 25.19	25.10
4. GRANULOMETRÍA			5. CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 150.00 (H/S) S PESO INICIAL DE CÁLCULO: 150.00			GRAVA 0 ARENA 47 FINOS 53			
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 68.00 LP = 25.00 IP = 43.00		
1"	0.00	0	100	CLASIFICACIÓN SUCS : CH AASHTO: A-7-6 IG(86): 19 IG(45): 13		
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	8.20	5.47	94.53			
No. 40	25.80	17.20	82.80			
No. 200	70.30	46.87	53.13			
						
CLASIFICACIÓN AASHTO: Arcilla de alta plasticidad (A-7-6)						
 Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz. LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR CEL: 0991212789 DIR.: Zamora - Ecuador.						

"Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro de la provincia de Loja a escala 1:50000"

		ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ. INGENIERO CIVIL	DISEÑOS ESTRUCTURALES. ESTUDIOS DE SUELOS. CONSTRUCCIÓN. FINALIZACIÓN. CONSULTORÍAS. PRESUPUESTOS. TOPOGRAFÍA.			
PROYECTO: X COORDENA: 693,966.00 LOCALIZAC: Saraguro CODIGO SR-R-18	Y 9,596,713.00	Z 2,896.00	NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27 AFLORAM. 123 MUESTREO: Compuesto PROFUNDIDAD: FECHA 12/09/2019			
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		61.00 59.76	55.22 54.20	17.68 17.57	15.40 15.18	15.29
2.- LIM. LÍQUIDO	20 25 30 35	37.71 38.58 38.19 36.08	31.60 32.29 31.95 30.52	17.81 17.78 17.24 17.06	44.31 43.35 42.42 41.31	43.24
3.- LÍMITE PLÁSTICO		11.31 10.77	10.98 10.43	8.84 8.26	15.42 15.67	15.54
4.- GRANULOMETRÍA	5.- CLASIFICACIÓN					
PESO IN= 150.00 (H/S) S			GRAVA 0			
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 150.00			ARENA 31			
			FINOS 69			
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA			
1"	0.00	0	100	LL = 43.00		
3/4"	0.00	0	100	LP = 16.00		
1/2"	0.00	0	100	IP = 27.00		
3/8"	0.00	0	100	CLASIFICACIÓN		
No. 4	0.00	0	100	SUJCS: CL		
No. 10	0.80	0.53	99.47	AASHTO: A-7-6		
No. 40	10.90	7.27	92.73	IG(86): 16		
No. 200	46.60	31.07	68.93	IG(45): 14		
						
CLASIFICACIÓN AASHTO: Limo de baja plasticidad (A-7-6)						
 Ing. Civil, Israel S. Villavicencio Aldaz. LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR CEL: 0991212789 DIR.: Zamora - Ecuador.						

“Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro de la provincia de Loja a escala 1:50000”

		ISRAEL S. VILLAVICENCIO ALDAZ. INGENIERO CIVIL		DISEÑOS ESTRUCTURALES. ESTUDIOS DE SUELOS. CONSTRUCCIÓN. FIDELIZACIÓN. CONSULTORÍAS. PRESUPUESTOS. TOPOGRAFÍA.		
PROYECTO: X Y Z		NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27		AFLORAM. 174		
COORDENA: 694,592.00 9,520,053.00 1,986.00		MUESTREO: Compuesto		PROFUNDIDAD:		
LOCALIZAC: Quínara		FECHA: 15/09/2019				
CODIGO: LJR-20						
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		63.37 64.12	52.89 53.07	17.48 17.46	29.60 31.03	30.31
2. LIM. LÍQUIDO	20 25 30 35	31.82 31.73 29.37 32.96	26.95 27.03 25.37 27.80	17.71 17.87 17.46 17.37	52.71 51.31 50.57 49.47	51.43
3. LÍMITE PLÁSTICO		10.86 11.73	10.48 11.31	8.21 8.80	16.74 16.73	16.74
4. GRANULOMETRÍA			5. CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 150.00 (H/S) S		PESO INICIAL DE CÁLCULO: 150.00		GRAVA 0 ARENA 17 FINOS 82		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA			
1"	0.00	0	100	LL = 51.00		
3/4"	0.00	0	100	LP = 17.00		
1/2"	0.00	0	100	IP = 34.00		
3/8"	0.00	0	100	CLASIFICACIÓN SUCS : CH AASHTO: A-7-6 IG(86): 28 IG(45): 18		
No. 4	0.60	0	100			
No. 10	2.80	1.87	98.13			
No. 40	9.90	6.60	93.40			
No. 200	26.70	17.80	82.20			
						
CLASIFICACIÓN AASHTO: Arcilla de alta plasticidad (A-7-6)						
 Ing. Civil. Israel S. Villavicencio Aldaz. LABORATORISTA - CONSULTOR - CONSTRUCTOR CEL: 0991212789 DIR.: Zamora - Ecuador.						

ANEXO 7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS GEOQUÍMICO DE LAS MUESTRAS



UTPL
UNIVERSIDAD TÉCNICA 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: Jackson Guajala Rojas.

Fecha de entrega: 20 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. 133 - 2019**, las cuales pertenecen al desarrollo del tema de tesis: Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro 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 ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)
SR - R - 21	81,7	7,53	1,13	0,37	0,079	0,3	0,76
SR - R - 16	72,2	13,3	0,88	0,38	3,77	1,42	0,17
LJ - R - 19	72,00	14,7	1,95	0,52	5,18	0,83	0,12
LJ - R - 24	60,7	15,00	2,43	0,39	2,46	1,02	0,23

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 Na₂O y Carbono no es analizado por FRX, pero la muestra los puede contener.

Ing. Erika Calderón M.
Responsable de la Sala de Geoquímica Analítica del
Laboratorio de Beneficio de Minerales



San Cayetano Alto s/n
Loja - Ecuador
Telf.: (593 - 7) 3701444
Fax: (593 - 7) 2584893
informacion@utpl.edu.ec
Apartado Postal: 11 - 01 - 608
www.utpl.edu.ec



UTPL
UNIVERSIDAD TÉCNICA 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: Jackson Guajala Rojas.

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. 134 - 2019**, las cuales pertenecen al desarrollo del tema de tesis: Caracterización de materias primas no metálicas para la industria cerámica plana en los cantones Loja y Saraguro 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 ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Co ₃ O ₄ (%)
LJ - R - 1	60,7	20,8	0,64	0,11	3,78	6,04	0,78	0,052
LJ - R - 2	62,7	13,3	0,65	0,36	1,26	1,66	0,52	0,43
LJ - R - 3	49,2	23,6	0,38	0,32	3,19	1,46	0,34	0,40
LJ - R - 4	57,3	19,2	0,36	0,29	1,66	1,9	0,41	0,51
LJ - R - 5	63,3	22,5	0,13	0,29	1,6	1,11	0,15	0,31
LJ - R - 6	64,7	21,0	0,16	0,25	1,62	0,59	0,093	0,16
LJ - R - 7	59,6	24,9	0,11	0,25	0,99	1,03	0,11	0,28
LJ - R - 9	48,3	24,9	0,20	0,55	1,55	14,1	1,1	0,12
LJ - R - 10	62,8	18,4	0,18	0,26	1,6	1,76	0,43	0,47
LJ - R - 11	60,2	22,3	0,15	0,24	2,14	0,83	0,089	0,22
LJ - R - 20	50,2	30,0	0,12	0,31	ND	1,24	0,83	0,34
SR - R - 7	62,0	19,1	2,54	0,44	1,62	5,87	0,65	0,052
SR - R - 12	64,9	16,2	2,45	0,32	2,17	1,05	0,22	0,28
SR - R - 14	65,8	18,4	1,32	0,34	1,57	0,99	0,23	0,27
SR - R - 15	48,7	36,1	0,56	0,25	0,22	1,59	0,32	0,44
SR - R - 22	64,4	14,7	1,97	0,41	1,28	2,04	0,32	0,55
SR - R - 25	66,0	19,0	0,41	0,31	2,86	0,79	0,15	0,22

Estos resultados corresponden a la composición química de la muestra expresada en elementos mayoritarios (>1%), minoritarios (<1 a 0,1%) y trazas (ppm).

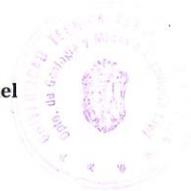


UTPL y Laboratorio de Beneficio de Minerales se deslindan de toda responsabilidad civil, laboral y penal, derivado del protocolo de muestreo de las alícuotas ingresadas al laboratorio que puedan alterar los resultados del análisis, puesto que en este caso no fueron tomadas por un representante de la 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



**ANEXO 8. MAPA DE INDICIOS
MINERALES NO METÁLICOS DE
LOS CANTONES LOJA Y
SARAGURO**

ANEXO 9. MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LOS CANTONES LOJA Y SARAGURO

ANEXO 10. MAPA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LOS CANTONES LOJA Y SARAGURO