



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

**Caracterización físico-mecánica y química de arcillas del sector norte de la
Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja**

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN.

AUTOR: Flores Carpio, Yetzabel Gerarda

DIRECTOR: Freire Serrano, Verónica Aydehe, Ing.

LOJA – ECUADOR

2013

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

Ingeniera.

Verónica Aydehe Freire Serrano

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: "Caracterización físico-mecánica y química de arcillas del sector norte la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja " realizado por: Yetzabel Gerarda Flores Carpio, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, noviembre del 2013

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Yetzabel Gerarda Flores Carpio declaro ser autora del presente trabajo de fin de titulación: "Caracterización físico-mecánica y química de arcillas del sector norte la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja ", de la Titulación en Geología y Minas siendo Verónica Aydehe Freire Serrano, Ing. directora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad"

f.

Yetzabel Gerarda Flores Carpio

1900391838

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi familia por estar siempre junto a mí durante mi carrera universitaria brindándome el apoyo necesario para cumplir con el objetivo al que conlleva la finalización de este ciclo de mi vida.

Lo dedico también a todas aquellas personas que con su aporte emocional, moral y científico contribuyeron a mi formación, tanto académica como personal.

LA AUTORA

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a la Universidad Técnica Particular de Loja, a los docentes de la Titulación de Geología y Minas, en especial la Ing. Verónica Freire Serrano directora de la presente investigación, a la Dr. Silvia González, Directora del departamento de Química Aplicada y a todos aquellos que colaboraron en la realización del presente trabajo.

INDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN EJECUTIVO	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCION	3
CAPITULO I.....	5
1. GENERALIDADES.....	5
1.1. Antecedentes.	6
1.2. Justificación.	7
1.3. Objetivos.....	8
CAPITULO II.....	9
2. ASPECTOS FÍSICOS – GEOGRÁFICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	9
2.1. Localización Geográfica.	10
2.2. Acceso.	12
2.3. Hidrografía.	14
2.4. Climatología y vegetación.	15
CAPITULO III.....	16
3. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO	16
3.1. Geomorfología.	17
3.2. Contexto geológico	18
CAPITULO IV	25
4.METODOLOGIA	25
4.1. Recopilación de información.	26
4.2. Trabajo de campo.	27
4.3. Trabajos de laboratorio.	28

CAPITULO V	31
5. ANALISIS DE RESULTADOS.....	31
5.1. Muestra P1-M1.....	35
5.2. Muestra P1 – M2.....	37
5.3. Muestra P2-M1.....	39
5.4. Muestra P2-M2.....	41
5.5. Muestra P4-M1.....	43
5.6. Muestra P5-M1.....	45
5.7. Muestra P8-M1.....	47
5.8. Muestra P10-M1.....	49
5.9. Difractometría de Rayos X.....	51
5.10. Análisis Estadístico.....	53
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES.....	60
BIBLIOGRAFIA.....	61
ANEXOS.....	63
ANEXO I. Fichas de campo.....	63
ANEXO II. Procedimientos de laboratorio.....	63
ANEXO III. Ensayos de laboratorio.....	63
ANEXO IV. Registro fotográfico	63
ANEXO V. Mapas	63

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tiene como objetivo definir la presencia de montmorillonita en las arcillas de una franja de dirección NW-SE del sector norte de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja, mediante el empleo de la caracterización físico-mecánica y química de las muestras recolectadas en los afloramientos que se encuentran dentro del polígono de exploración establecido.

Se emplearon ensayos físicos y mecánicos específicos sobre diecisiete muestras, sedimentos de los estratos limo-arcillosos de la Formación San Cayetano y Salapa; con la finalidad de definir las características esenciales de las muestras; a través, de la cuales se determina la presencia de esmectita, luego se realizó difracción de rayos X y fluorescencia de rayos X para conseguir corroborar la información de los ensayos físicos y mecánicos.

El análisis de resultados de la investigación permitió la elaboración de un mapa escala 1:25000 de las zonas del polígono de exploración que presentan los valores más representativos en los ensayos y las cuales se recomiendan para una exploración cuantitativa.

PALABRAS CLAVES: montmorillonita, caracterización de arcillas, arcillas de Loja, exploración de arcillas.

ABSTRACT

This research want to define the presence of montmorillonite clays in a strip of direction NW-SE of north sector in Miocene Sedimentary Basin of Loja. It use physical-mechanical and chemical test on samples collected in outcrops are within the established scanning polygon.

In this research, we used specific physical and mechanical tests on seventeen sediment samples silty - clay strata of the San Cayetano Formation and Salapa Formation in order to define the essential characteristics of the samples through which determines the presence of smectite, then followed fluorescence and diffraction x-ray to get information corroborating physical and mechanical tests.

The analysis of results of the research allowed the development on map of a 1:25000 scale and we are limited the areas in exploration polygon having the most representative values in testing and which are recommended for a quantitative exploration.

KEY WORDS: montmorillonite, characterization of clays, clays of Loja, exploration of clay.

INTRODUCCION

Las arcillas son materiales de granulometría menor a 4μ que se producen por disgregación mecánica de las rocas (Tarbuck et al Lutgens, 2008), los cuales tienen aplicaciones múltiples como: procesos industriales, geología, agricultura, química, remediación ambiental y construcción; aplicaciones que se definen en dependencia de las características físicas, mecánicas y químicas que presentan, las mismas que se relacionan directamente a la composición mineralógica de los sedimentos y depende del origen geológico.

Los minerales de arcilla son filosilicatos hidratados de aluminio de estructura reticular que encasilla tres grandes grupos: illitas, caolinitas y esmectitas (Badillo et al Rodríguez, 2009). Dentro de cada grupo se enumeran varias especies minerales que se diferencian entre ellas por los elementos químicos que las constituyen y el ordenamiento que presentan los átomos en el sistema cristalino, es decir su cristalografía.

Las esmectitas es el nombre que reciben el grupo de silicatos de Na, Ca, Mg, Fe y Li-Al. Los minerales más comunes en el grupo de las esmectitas son la Na-montmorillonita, Ca-montmorillonita, saponita, nontronita y la hectorita. Las esmectitas son silicatos con dos capas de silica tetrahedral y una capa central de silica octahedral. (Murray, 1997)

Esta investigación pretende definir la existencia de esmectitas como constituyentes de los materiales arcillosos de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja. Este grupo de arcillas presentan características expansivas particulares causadas esencialmente por el componente mineralógico conocido como montmorillonita $[(Na, Ca)_{0.3}(Al, Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O]$. (Dana, 1997), el cual, por su estructura química T-O-T, favorece procesos químicos; como la absorción y adsorción de iones, además de producir aumento de impermeabilidad, de volumen, plasticidad y propiedades coloidales las cuales pueden ser empleadas para la resolución de problemas geotécnicos, ambientales e industriales.

Basándose en esas propiedades de la montmorillonita, se plantea la hipótesis de que las arcillas de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja contienen montmorillonita entre sus minerales constituyentes; por lo tanto, se realizan ensayos físicos, mecánicos y químicos sobre muestras de materiales arcillosos de la cuenca, con la finalidad, de comprobar su composición mineralógica en el contexto cualitativo.

En la Cuenca de Loja se estudiaron diez afloramientos escogidos en base a dos factores específicos: la información recopilada y los límites de las áreas pobladas, obteniendo un total de diecisiete muestras de material sedimentario para el análisis de laboratorio, el número de muestras dependió de la abundancia de estratos de arcillas y limos que se encuentran aflorando en los puntos de muestreo.

A las diecisiete muestras recolectadas, se realizaron ensayos para definir granulometría, límites de Attenberg, superficie específica, gravedad específica, mineralogía y composición química de cada una de ellas.

Luego, en base a los parámetros que denotan la presencia de montmorillonita, se analizaron los resultados obtenidos y se seleccionaron 8 muestras potenciales, cinco se ubican en los afloramientos 1 (P1 – M1, P1-M2), 2 (P2 - M1, P2 – M2) y 10 (P10 – M1), una en el afloramiento 4 (P4 – M1), una en el afloramiento 5 (P5 – M1) y una en el afloramiento 8 (P8 – M1).

El análisis de la información y los resultados que se presenta, se orientan cualitativamente, mediante la definición de las características primordiales de las muestras de arcilla, las que servirán de guía para el posterior estudio cuantitativo que beneficie a la industria química en la obtención de montmorillonita a partir de las muestras de arcilla analizadas.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Antecedentes.

Las arcillas se caracterizan por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, sonoridad y dureza al extraer su humedad por encima de 800 °C. Es uno de los materiales más baratos y de amplio rango de utilidad en manufactura, industria y ciencias. (Romero et al Barrios)

En nuestro país, su uso se extiende en más del 50% a los procesos de manufactura y construcción, actualmente con el avance tecnológico y la necesidad de la innovación constante en el campo de los materiales se ha despertado el interés de estudiar y mejorar los usos de nuestros recursos minerales no renovables, dentro de los cuales, no solo están los minerales metálicos, también minerales y rocas industriales como es el caso de las arcillas.

La presente investigación, surge de la necesidad de complementar la información obtenida en la tesis “CARACTERIZACIÓN, EVALUACIÓN Y POSIBLES USOS INDUSTRIALES DE LAS ARCILLAS DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA DE LOJA Y EL BARRIO CERA” (Benavides Rojas et al Benavides Ontaneda, 2004), información recolectada desde el punto de vista extractivista, sobre la descripción de arcillas de un polígono de la Cuenca Miocénica de Loja.

En estos trabajos se expresan propiedades mecánicas de un muestreo superficial de afloramientos de arcillas que contribuyen al interés de enfocarse en una descripción mineralógica más detallada, y una definición de las características físicas y químicas de sectores estratégicos de la cuenca de Loja, con la finalidad de reducir el área de muestreo a los sitios en los que se encuentre como componente el mineral montmorillonita.

El trabajo investigativo se enmarca en las bases del proyecto macro “Estudio de las propiedades físico-químicas de las arcillas de la Ciudad de Loja y sus alrededores” con la finalidad de cumplir los objetivos del mismo:

El proyecto de investigación se llevó a efecto con la colaboración del Departamento de Química (DQ), el Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil (DGMIC) de la Universidad Técnica Particular de Loja, y la colaboración externa de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción de la Escuela Politécnica del Litoral, específicamente el Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales (LEMAT) y el

Laboratorio de Fuentes Renovables de Energía ESPOL (labFREE), además del Departamento de Control del Calidad de la Cemento Nacional del Chimborazo.

1.2. Justificación.

Los beneficios que conlleva investigar mecánica, física y químicamente las arcillas son múltiples, debido a que las diversas aplicaciones que se dan a estos materiales se pueden definir a partir de los resultados de los diferentes ensayos.

La montmorillonita es, actualmente, uno de los catalizadores químicos de mayor eficiencia debido a su estructura apilada de capas, la cual le da la capacidad de actuar como adsorbente de iones alojándolos en su capa interlaminar. Es muy demandada en la industria de la innovación de nano-compuestos por su diminuta granulometría y su capacidad de expansión.

Por tanto, el interés principal de esta investigación es mediante la caracterización, llegar a definir la presencia de montmorillonita como constituyente mineralógico del material arcilloso dentro de la cuenca y así poder discriminar muestras para posteriores estudios cuantitativos del mineral.

Si la presencia de montmorillonita es significativa, este trabajo se tratara como un antecedente para los estudios de cuantificación de porcentajes del mineral en cada una de las muestras que lo contenga, logrando así una menor demanda de tiempo, recurso económico y recurso humano para realizar los ensayos de laboratorio requeridos.

Otro aporte de la investigación, es el aumento de información detallada, en el área de mineralogía de las formaciones muestreadas dentro de la Cuenca de Loja. Además se describe, de manera específica, las propiedades físico-mecánicas y propiedades químicas de diferentes puntos de muestreo dando un valor agregado al objetivo general y principal de la investigación.

La creciente demanda de la química teórica por realizar modelamientos atómicos en base a minerales presentes en el medio, motiva a las investigaciones de campo en búsqueda de estructuras cristalinas reales que brinden una posibilidad de explotación para un posterior trabajo experimental de comprobación.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general.

Determinar la presencia de montmorillonita en las muestras de arcilla de la franja con dirección NW – SE del sector Norte de la Cuenca Miocénica de Loja.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Describir geológica y litológicamente los afloramientos.
- Determinar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de las arcillas de interés.
- Definir la composición mineralógica de cada una de las muestras de arcilla.
- Seleccionar las muestras con presencia de montmorillonita
- Elaborar un mapa de delimitación de las zonas de interés

CAPITULO II

ASPECTOS FÍSICOS – GEOGRÁFICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1. Localización Geográfica.

El presente trabajo de investigación se lleva a efecto en la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja, la misma que forma parte de las estructuras geomorfológicas conocidas como Cuencas Sedimentarias Intermontanas, ubicadas dentro de la Cordillera Central de los Andes al sur del Ecuador.

Loja se encuentra en los $3^{\circ}59'49.27''$ de latitud S y los $79^{\circ}12'05,2867''$ de longitud W, con una altitud promedio de 2200 msnm., en la Provincia de Loja, cantón del mismo nombre (Fig. 1).

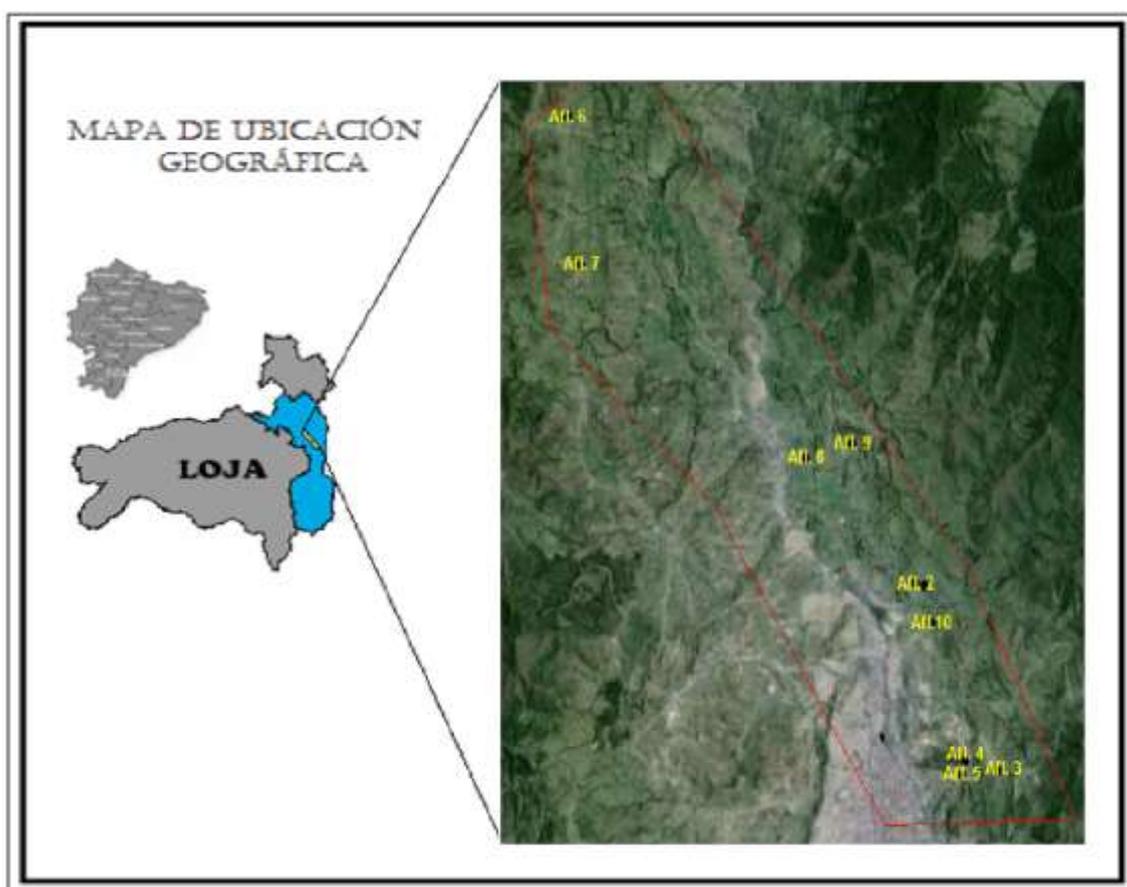


Fig. 1 Croquis de ubicación del área de estudio. Fuente y elaboración: Autor

El polígono de exploración se extiende a lo largo de una franja de dirección NW-SE dentro del sector nororiental de la cuenca (Fig. 2), enmarcado en las coordenadas 694000 E – 9557000 N al norte, y, 702000 E – 9553000 N al sur, cubre un área aproximada de 48 km².

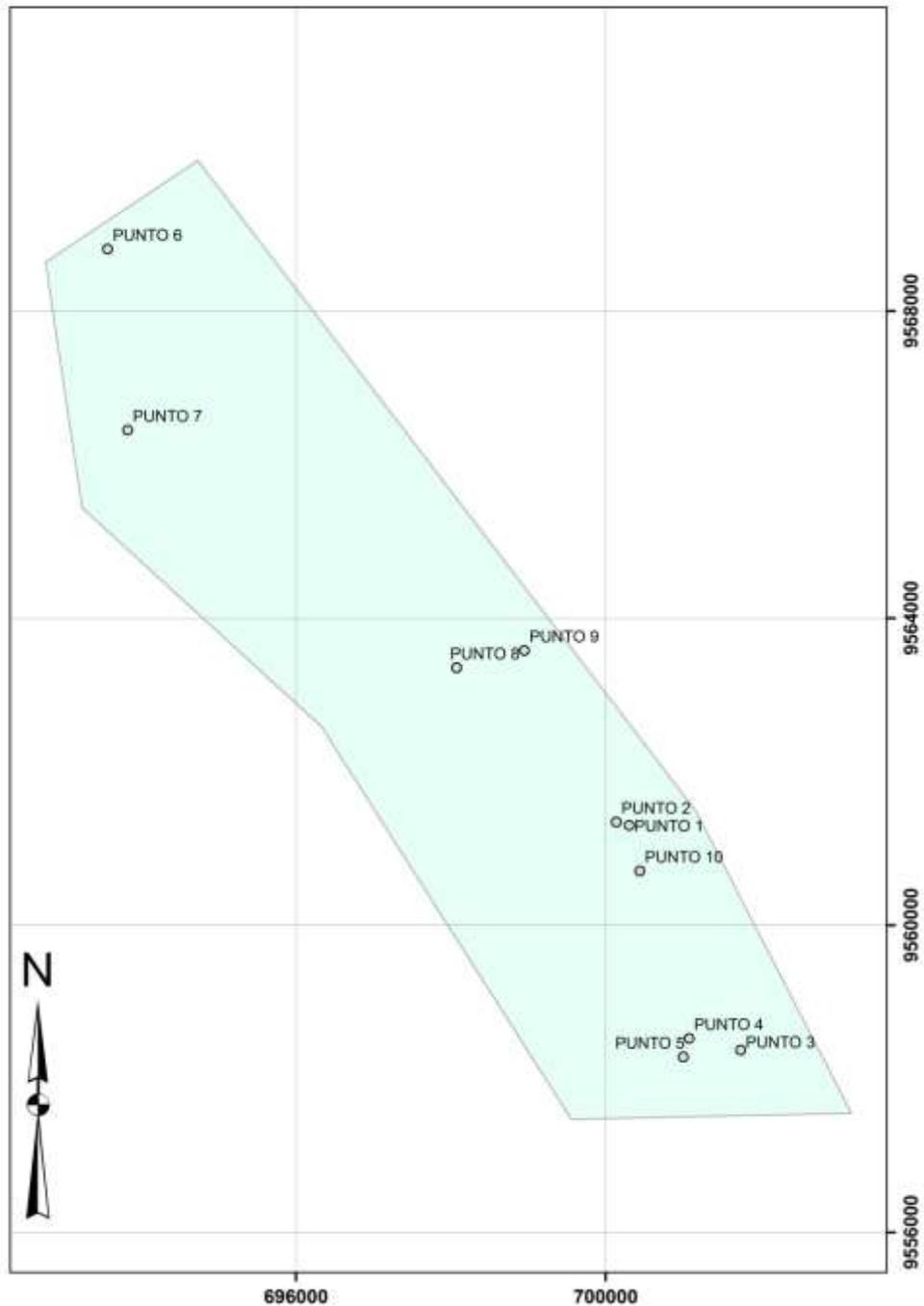


Fig. 2 Mapa de ubicación del área de estudio. (Anexo V.a.). Fuente y elaboración: Autor

Esta franja abarca las formaciones San Cayetano y Salapa, las mismas que son de interés para la investigación debido a que mediante trabajos previos se han descrito estas formaciones como de estratigrafía fina y con elevados índices de plasticidad, por tanto se realizó el muestreo puntual aleatorio (Tabla 1) de los estratos arcillosos que componen estas formaciones.

Tabla 1 Coordenadas de los puntos de recolección de muestras

PUNTO	COORDENADAS Datum WGS 84		
	X	Y	Z
P1	700306	9561302	2097
P2	700140	9561344	2097
P3	701746	9555837	2282
P4	701081	9558528	2230
P5	701006	9558284	2252
P6	693568	9568806	2582
P7	693827	9566448	2458
P8	698077	9563354	2023
P9	698952	9563580	2126
P10	700443	9560708	2083

Fuente y elaboración: Autor

2.2. Acceso.

El acceso a los puntos de muestreo dentro del polígono de exploración se realiza en vehículo, a través de vías terrestres (Fig. 3) urbanas y rurales de primero y segundo orden.

A los puntos 1, 2 y 10 se accede por la Calle Agustín Palacios, la cual dirige hacia el Barrio El Paraíso. Esta vía se encuentra habilitada durante el todo año, es una calle urbana con adoquinado y asfalto, por tanto se puede ir cualquier tipo de carro.

A los puntos 3, 4, 5 se viaja por la vía antigua a Zamora, a través de los barrios El Calvario y Las Palmeras, esta vía se encuentra habilitada durante todo el año, pero en épocas de lluvia se vuelve complicado el acceso debido a que es una vía de segundo orden y únicamente lastrada.

El acceso a los puntos 6 y 7, es a través de la vía de primer orden que lleva hacia la Ciudad de Cuenca. Actualmente, esta carretera, es una de las nuevas vías regeneradas con pavimento rígido.

El punto 8 se encuentra en la intersección de la Av. Eduardo Palacios y la vía de segundo orden que dirige a Chinguilanchi, al pie del frente de cuesta donde se asienta la Iglesia de Virgen Pamba.

Y finalmente el acceso al punto 9 se lo puede realizar por la vía a Chinguilanchi, en el Barrio Amable María. Esta vía de segundo orden sufre daños durante la época invernal que hacen muy difícil el acceso.

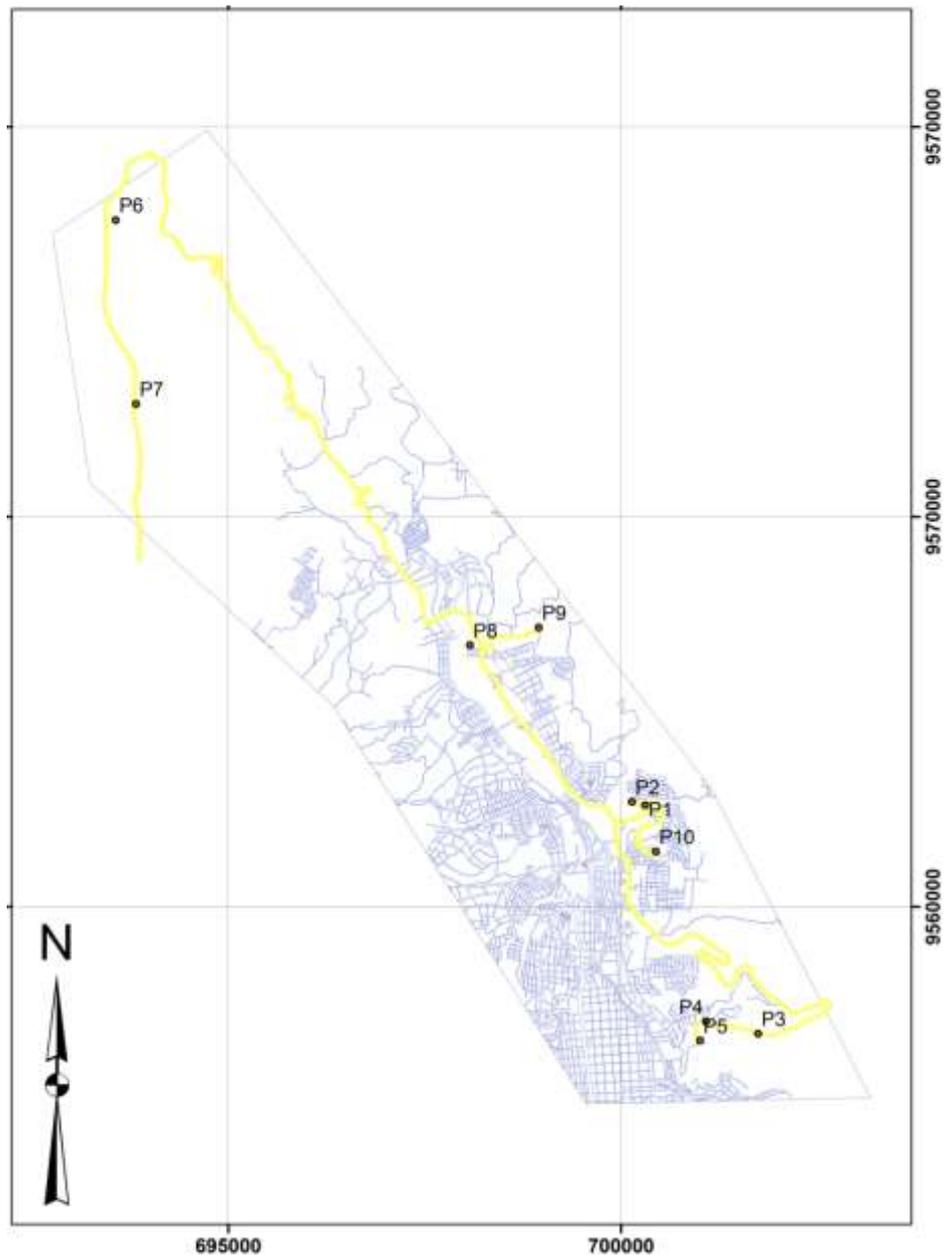


Fig. 3 Recorrido realizado para la recolección de muestras. (Anexo V.b.). Fuente y elaboración: Autor

2.3. Hidrografía.

La hidrografía de la zona de investigación se caracteriza por un drenaje principal que recorre desde el sur hacia el norte por el centro de la hoya conocido como Río Zamora el que atraviesa la Cordillera Real para dirigirse hacia el Este y contribuir al caudal del Río Amazonas.

La red hidrográfica se define como dendrítica, el drenaje principal es el Río Zamora que esta alimentado por el Río Jipiro y las quebradas: San Cayetano, Las Pavas, Sañi, Sans, La Florida, Salapa y La Banda. (Fig. 4 y Anexo V.d.)

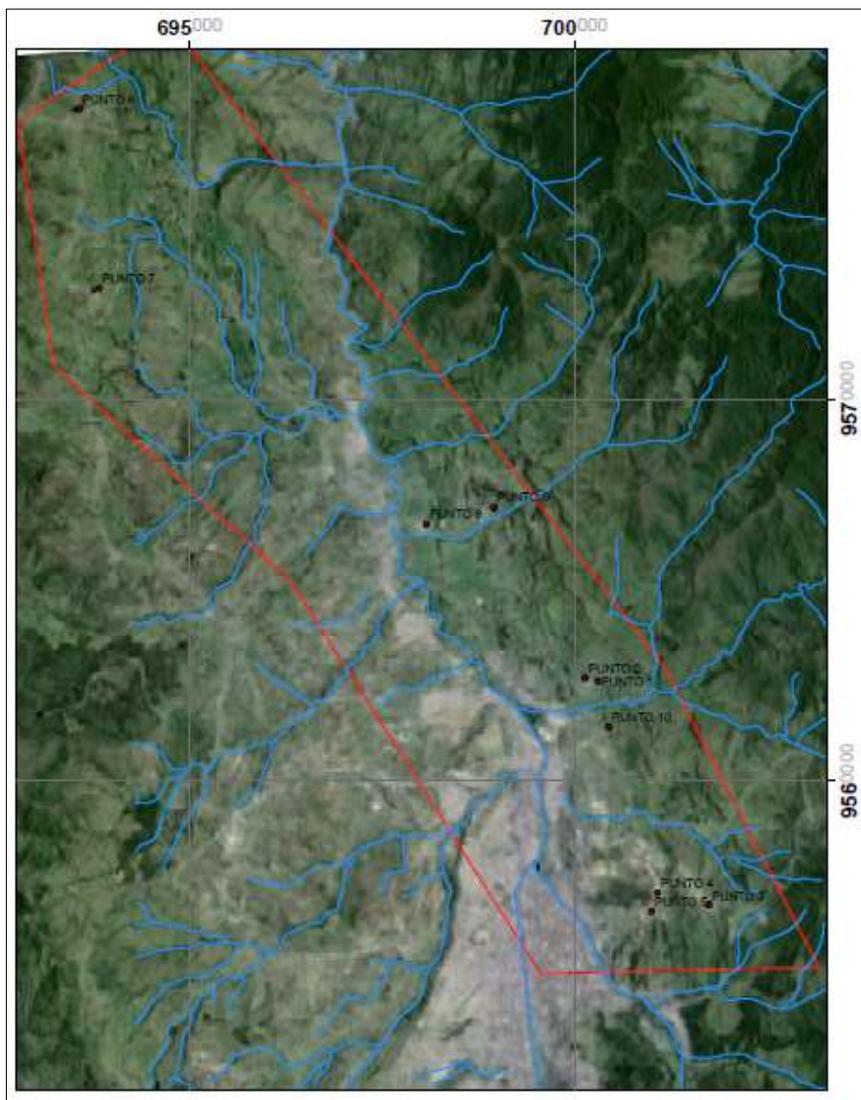


Fig. 4 Mapa de la red hídrica de la zona de estudio. (Anexo V.d.). Fuente y elaboración: Autor

2.4. Climatología y vegetación.

El clima de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja es temperado-ecuatorial subhúmedo según la clasificación de Köppen-Geiger. Presenta una temperatura media del aire de 16 °C. La oscilación anual de la temperatura lojana es de 1,5 °C, generalmente cálido durante el día y más frío y húmedo por la noche.

Presenta una significativa abundancia, variación e intrincada distribución vegetal. La topografía y la orientación de sus cordilleras, los influjos costero y oriental, así como el desierto que avanza desde el sur le dan cierta peculiaridad.

La vegetación se compone de cuatro grupos característicos:

- Vegetación boscosa compuesta por: alisos, pinos, eucalipto y romerillo
- Vegetación arbustiva identificada por: chamana y chilca
- Vegetación de llanura que comprende hierba y pajonales.
- Vegetación conformada por los cultivos de la zona, entre los que predominan hortalizas, hiervas de especias y algunas legumbres.

CAPITULO III

GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Geomorfología.

El área de estudio se ubica en los Terrenos Olmos-Loja, específicamente dentro de la Cuenca Sedimentaria Intermontana de Loja, cuyas formaciones sedimentarias se han depositado discordantemente sobre el basamento conformado por las rocas metamórficas de la Unidad Chigüinda, la cual corresponde a rocas constituyentes de la Cordillera Real.

La Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja se compone fundamentalmente por dos tipos de geomorfología, la morfología de origen tectónico que se desarrolla en las rocas metamórficas que la delimitan y la morfología de origen deposicional que toma lugar en los sedimentos que rellenan la depresión intermontana.

Las geoformas que se pueden reconocer en el área de análisis son las siguientes:

3.1.1. *Relieves estructurales.*

En la zona predominan los relieves estructurales desarrollados por la depositación preferencial a favor de la pendiente de los sedimentos. Las estructuras se caracterizan por poseer vertientes de pendiente fuerte y desniveles relativos desde entre 20 m a 100 m (Fig. 5)



Fig. 5 Relieves estructurales. Formación San Cayetano. Fuente y elaboración: Autor

3.1.2. Relieves tectónicos.

Los relieves tectónicos son aquellos que se han desarrollado en las rocas metamórficas afectadas por procesos orogénicos en los cuales la compresión de las capas provoca un levantamiento de las grandes masas de roca.

Las geoformas se caracterizan por poseer vertientes de pendiente fuerte y desniveles relativos mayores a 500 m, y se desarrollan en rocas metamórficas de la Unidad Chiguinda (Fig. 6)



Fig. 6 Relieves tectónicos que delimitan la Cuenca Sedimentaria de Loja por el extremo oeste. Fuente y elaboración: Autor

3.2. Contexto geológico

3.2.1. Geología Regional.

La Cuenca Sedimentaria miocénica de Loja se encuentra asentada en el basamento metamórfico de la Unidad Chiguinda sobre la que yacen discordantemente rocas de origen sedimentario y material volcánico restringido a la parte NW de la cuenca. Según información de Dominic Hungerbuhler (2002), la cuenca se encuentra dividida en dos secciones estratigráficas (Fig. 7), cada sección se compone de formaciones geológicas de características similares pero que en esencia no son iguales, excepto la Formación Quillollaco que aflora en las dos secciones.

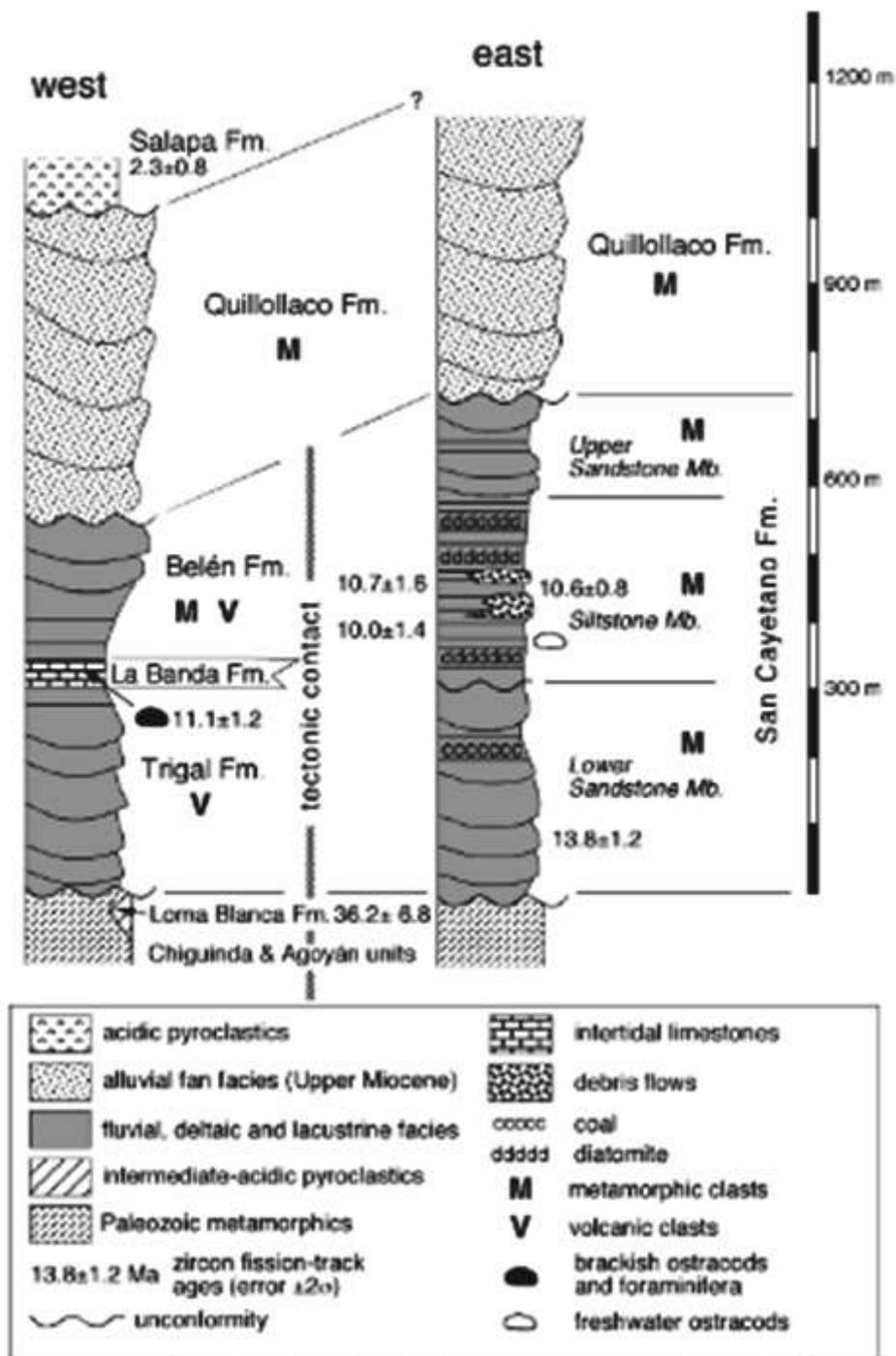


Fig. 7 Columnas estratigráficas de la Cuenca Sedimentaria de Loja Fuente: (Hungerbuhler, 2002). Elaboración: Autor

La franja de investigación comprende en mayoría la Formación Quillollaco, la Formación San Cayetano y la Unidad Chiguinda, la Formación Salapa, ocupa una pequeña parte del área de investigación en el extremo NW y también se incluye en la descripción regional de la litología.

a. Unidad Chigüinda.

Esta unidad constituye el basamento de la Cuenca Sedimentaria de Loja. Se encuentra constituida por rocas metamórficas paleozoicas que varían entre filitas, pizarras, esquistos y cuarcitas.

b. Formación San Cayetano.

Esta formación aflora a lo largo del Río Zamora. Se compone de tres miembros con límites transicionales. El miembro inferior contiene capas de areniscas, microconglomerados y varias capas de carbón. El miembro medio se constituye de lutitas laminadas de color gris y blanco, abundantes capas de diatomitas y algunos piroclastos horizontales con fósiles. El miembro superior es de areniscas similares a la intermedia pero con tendencia a ser estratocreciente.

c. Formación Quillollaco.

La Formación Quillollaco está presente al este y oeste de la Cuenca Sedimentaria de Loja, sobrepuesto al resto de formaciones de la columna estratigráfica en tal manera que forma una discordancia angular. La formación alcanza espesores máximos de 600m, al este de la ciudad. Está dominada por conglomerados muy granulados con pocas intercalaciones de arenisca y alteraciones de óxidos de hierro.

d. Formación Salapa.

Contiene líticos y tobas ricos en vidrio. Las tobas son fuertemente alterados también en instantes completamente transformados a caolinita por fenómenos de meteorización. Tiene una potencia de 10m. La Formación Salapa descansa discordantemente en rocas metamórficas paleozoicas que bordean la cuenca.

3.2.2. Geología Local.

El polígono de exploración (Fig. 8) se extiende en una franja elongada de dirección NW – SW atravesando las formaciones San Cayetano y Salapa.

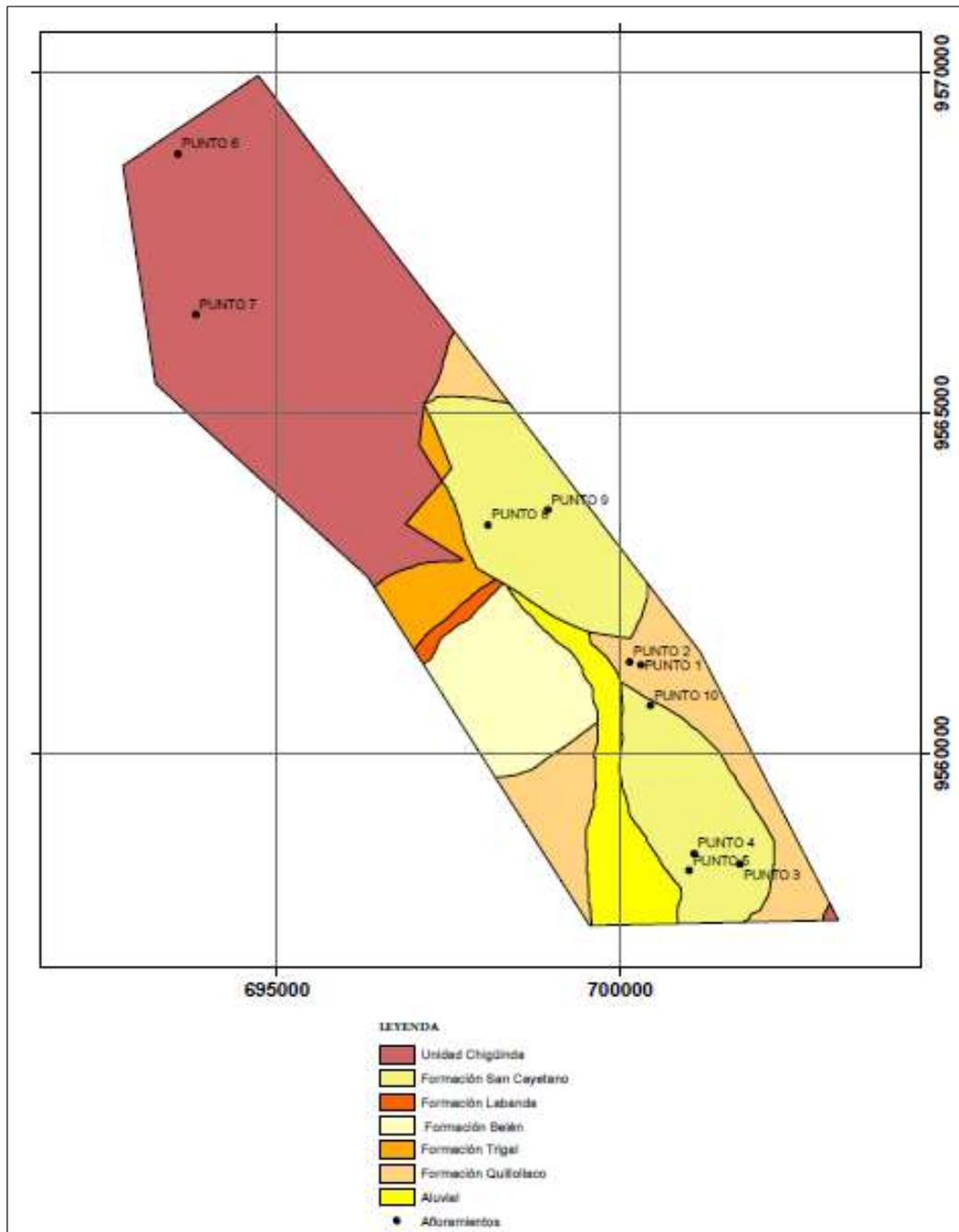


Fig. 8 Mapa geológico de la zona de estudio extraído del Mapa Geológico Preliminar de Hoya de Loja. (Anexo V.c). Fuente: Tamay, 2002. Elaboración: Autor.

En el extremo NW (P6; P7) del polígono aflora la Formación Salapa, la cual se deposita discordantemente sobre rocas metamórficas del basamento de la cuenca. Son materiales granulares silíceos de origen hipergénico procedentes de la meteorización de las rocas del basamento, que contienen clastos sub-angulares de gneis y cuarzo, presentan una mala clasificación granulométrica, lo que desencadena un grado bajo de compactación y por tanto permeabilidad moderada. (Fig. 9)



Fig. 9 Punto de muestreo número 6, ubicado vía a Cuenca. Fuente y elaboración: Autor

En el centro norte (P8; P9) se ubican capas laminadas fisibles de lutitas blancas calcáreas, estratos de limolitas compactas de color café y algunos estratos de diatomitas, estos estratos se intercalan formando haces uniformes. Estas litologías pertenecen al miembro medio de la Formación San Cayetano y presentan yeso, limonita, goethita y carbonatos entre capas y láminas. (Fig. 10)



Fig. 10 Afloramiento del punto 9, Barrio Amable María. Fuente y elaboración: Autor

En el centro sur (P1; P2; P10), encontramos estructuras anticlinales formadas en estratos de lutitas laminadas que contienen azufre entre capas y se intercalan con estratos de limolitas compactas de color café y areniscas de granulometría fina de color gris, las mismas contienen óxidos entre capas. En los afloramientos se puede observar la acción meteórica de los factores ambientales, como agua y viento, debido a la falta de recubrimiento vegetal. Estas rocas son características del miembro medio de la Formación San Cayetano.



Fig. 11 Lutitas laminares y fisibles con relleno de azufre entre los contactos.
Punto 1, Barrio El Paraíso. Fuente y elaboración: Autor

Finalmente, en el extremo SW (P3; P4; P5) encontramos arcillas grises intercaladas con vetas de turba y carbón, esta capa se sobrepone a estratos de arcillas con una coloración naranja debida a la presencia de oxidaciones, que se intercalan con limonitas grises que contienen lentes de sílice que se presenta con una textura masiva entre la textura granular que lo rodea. Son materiales permeables y con una plasticidad alta. (Fig. 12). Estas litologías son características de las faces deltaicas, fluviales y lacustres (Hungerbuhler, 1997) que se dieron durante el

miocénico debido a las regresiones y subsidencias ocurridas en este periodo geológico.



Fig. 12 Estratos de arcillas grises intercaladas con vetas de turba y carbón, arcillas de color naranja y limonitas grises. Punto 4, Concesión Minera Los Pinos. Fuente y elaboración: Autor

CAPITULO IV

METODOLOGIA

El presente estudio inicio con la recopilación de información existente sobre el tema investigado, se consideró necesario reunir información sobre estudios previos de: las arcillas de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja, las aplicaciones de los materiales arcillosos en los diferentes campos industriales y los ensayos de laboratorio necesarios para determinar las características que condicionan los usos de las arcillas.

Luego de analizada la información recopilada, se definieron los puntos estratégicos de muestreo y se procedió, mediante trabajo de campo, a la recolección de las muestras de arcilla y la descripción geológica local de los afloramientos visitados.

La siguiente etapa del trabajo consistió en la preparación de las muestras para su posterior análisis mediante los ensayos de laboratorio, definidos e investigados en la recopilación de información, mediante los cuales se obtuvo la información necesaria de las características y propiedades de cada una de las muestras.

A través de estos resultados, se logró deducir las conclusiones y plantear las recomendaciones al tema, sujeto de la presente investigación.

4.1. Recopilación de información.

Durante la recopilación de información se reunió toda clase de documentos, papers, normas e investigaciones que antecedieron al tema de estudio con la finalidad de lograr conseguir un panorama claro de la utilidad y funcionalidad de las arcillas montmorilloníticas.

La primera fase de la recolección de información consistió en referirse a la tesis “CARACTERIZACIÓN, EVALUACIÓN Y POSIBLES USOS INDUSTRIALES DE LAS ARCILLAS DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA DE LOJA Y EL BARRIO CERA” (Benavides et al Benavides, 2004), y definir los puntos de exploración para la recolección de las muestras en base a dos parámetros fundamentales: primero, la información expuesta en la mencionada tesis y segundo, que la zona de exploración no sea una zona poblada.

Astudillo en su trabajo “MECANISMOS Y VELOCIDAD DE DISOLUCION DE MONTMORILLONITA EN SOLUCIONES DE ELECTROLITOS INERTES.

INFLUENCIA DEL pH Y LA TEMPERATURA”, describe de manera rápida a las esmectitas, también nos explica el procedimiento a seguir para la preparación previa de los materiales arcillosos antes de someterlos a los ensayos de Difractometría y Fluorescencia de Rayos X.

Otro de los documentos más importantes para la presente investigación es el libro MECANICA DE SUELOS TOMO 1 Fundamentos de la Mecánica de Suelos, escrito por Juárez Badillo y Rico Rodríguez; en el cual se encuentra la información necesaria para introducirnos en la clasificación de los suelos en base a sus características mecánicas como son los Límites de Attenberg y la clasificación granulométrica de los suelos.

También se reunió las diferentes normas para cada uno de los ensayos que se realizaron, en las cuales se describe el protocolo de laboratorio que se debe seguir para la obtención de los resultados del presente trabajo, finalmente, en la bibliografía también figuran algunos papers, páginas web y revistas que nos brindan información sobre las arcillas.

La información topográfica base se obtuvo desde la página web oficial del Instituto Geográfico Militar (IGM) y las imágenes satelitales de la zona de investigación se descargaron de Google Earth.

4.2. Trabajo de campo.

La investigación de campo pertenece a la etapa explorativa del proyecto, esta fase de trabajo consistió en el levantamiento geológico mediante observación directa in-situ de los afloramientos de los puntos de exploración definidos en el apartado 4.1., documentando, en una ficha de campo (Anexo 1), código de muestra, medidas estructurales, potencia de capas, geomorfología característica y la descripción litológica.

El muestreo que se realizó es de carácter puntual, superficial y representativo de los estratos aflorantes de suelos finos. Se recolectaron un total de diecisiete muestras distribuidas en diez puntos de muestreo. (Tabla 2)

Tabla 2 Número de muestras por punto de exploración.

PUNTO DE MUESTREO	NÚMERO DE MUESTRAS
P1	2
P2	2
P3	1
P4	3
P5	1
P6	2
P7	1
P8	1
P9	2
P10	2

Fuente y elaboración: Autor

4.3. Trabajos de laboratorio.

El trabajo de laboratorio es la fase en la cual, luego de la recolección de muestras, se procede a la preparación de cada una de ellas para someterlas a los ensayos específicos (Tabla 3) que nos permiten definir cada una de las características primordiales del material arcilloso.

Tabla 3. Propiedad a determinar con el ensayo específico a emplear para el efecto.

PROPIEDADES	ENSAYO
GEOLOGICAS	
Características geológicas	Trabajo de campo
MECANICAS	
Límites de Attenberg	Límite líquido, límite plástico y límite de retracción
FISICAS	
Textura	Granulometría
Gravedad Específica	Método del Picnómetro
Superficie Específica	Absorción de azul de metileno
QUIMICAS	
Mineralogía	Difracción Rayos X (DRX)
Composición Química	Fluorescencia de Rayos X (FRX)

Fuente y elaboración: Autor

4.3.1. Preparación inicial de las muestras.

La preparación inicial de las muestras consiste en la disgregación de las arcillas para conseguir una textura homogénea la cual nos posibilite su empleo en los ensayos posteriores (Anexo II.d.).

Para los ensayos mecánicos y físicos se disgregó la muestra empleando un rodillo manual, el objetivo era lograr la disociación de los clastos de las rocas recolectadas de una manera tal que se afecte en lo menos posible, su forma y tamaño.

Para la realización de los ensayos químicos aparte de disgregación mecánica, también se sometió las muestras al ataque con agua oxigena, esto para la disolución de materia orgánica, y con ácido clorhídrico diluido al 10% para eliminar los carbonatos que actúan como cementante de los clastos de roca.

4.3.2. Ensayos mecánicos.

Las propiedades mecánicas del suelo se relacionan directamente con la composición mineralógica del mismo, más aún cuando se trata de suelos arcillosos, en estos casos, el índice de plasticidad nos provee información.

Para tener un indicio de la expansividad de los materiales muestreados empleamos ensayos de límite plástico según la norma ASSTHO T88, límite líquido en función de la norma AASTHO T90 y límite de retracción en base a la norma ASSTHO T92-68 (Anexo II.b.).

4.3.3. Ensayos Físicos

Los ensayos físicos se emplearon para poder conseguir características primordiales del suelo como son la distribución granulométrica (Anexo II.a.), el peso específico y la superficie específica (Anexo II.c.). Se empleó, para conocer la distribución del tamaño de los clastos de las muestras, el análisis granulométrico, para la determinación de peso específico, el método del picnómetro y para definir la superficie específica se usó la absorción de azul de metileno.

4.3.4. Ensayos químicos

Mediante los ensayos químicos se describen dos propiedades fundamentales: la mineralogía y la composición química de las muestras. Para la descripción de la mineralógica se empleó Difractometría de Rayos X (Anexo II.e.), realizada en la Escuela Politécnica del Litoral (ESPOL), para la composición química se utilizó

Fluorescencia de Rayos X (Anexo II.f.), la cual se realizó con la colaboración del Departamento de Control de Calidad de Cementos Chimborazo.

a. Análisis mineralógico.

El análisis mineralógico se llevó a cabo mediante Difractometría de Rayos X. El dispositivo empleado es X'Pert PRO con detector X'Celetator (PANalytical, Almedo, Holanda) trabajando con un anticátodo de Co a 40 kV de tensión, 40 mA de intensidad y filtro de níquel.

El método consiste en enfocar el haz de laser sobre la muestra, la cual gira a un rango angular desde 5.013° hasta 100° , esto nos permite leer los difractogramas de los minerales arcillosos en un rango de 5° hasta 20° y de los minerales metálicos en los ángulos mayores a 70° .

Para el proceso de análisis de las espectrometrías se empleó el software X'Pert HighScore Plus, con la base de datos X'Pert DATA. Los resultados que se obtienen de este análisis son las composiciones mineralógicas cualitativas de las muestras analizadas, con una expresión referente al pico de sílice de la cantidad de arcillas en cada muestra. (Anexo III.e)

b. Análisis Químico

El sistema empleado para la realización del análisis químico de óxidos en porcentaje, se empleó Fluorescencia de Rayos X utilizando un espectrómetro SIEMENS SRS 3000 perteneciente Empresa Cemento Chimborazo.

Se usan 10gr de muestra libre de materia orgánica y carbonatos, se somete a la pulverización y finalmente se prensa y prepara para la fluorescencia en el equipo. Con el análisis de resultados se obtiene el porcentaje de distribución de los óxidos de silicio, aluminio, hierro, calcio, magnesio, sodio, potasio y titanio en las muestras de arcilla analizadas. (Anexo III.f.)

CAPITULO V

ANALISIS DE RESULTADOS

Los resultados que se exponen en la investigación son consecuencia del desarrollo del trabajo realizado mediante una metodología estructurada, con el mismo se elaboró la descripción mineralógica cualitativa a detalle de la litología aflorante en la franja NW - SE del sector Norte de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

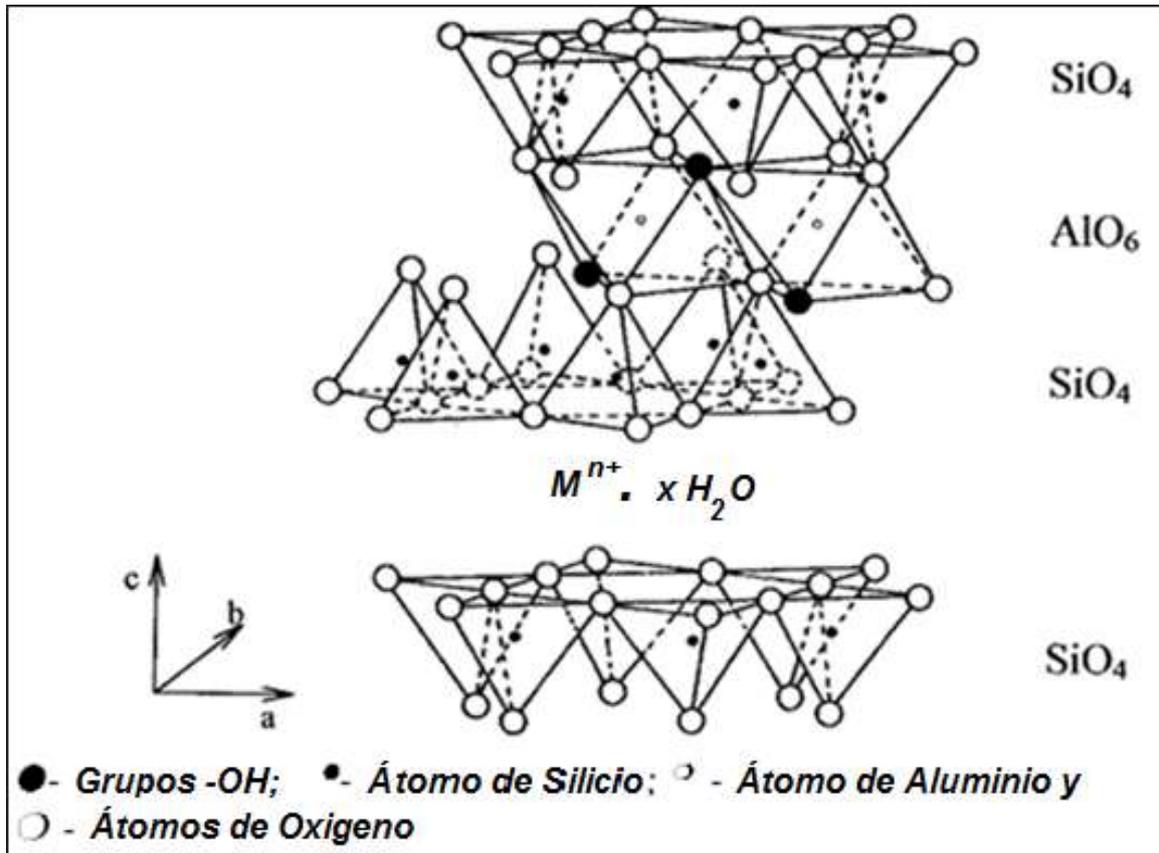


Fig. 13 Estructura idealizada de una Esmectita (2:1). Fuente: Pergher, Corma et al Fornes, 1999.
Elaboración: Autor.

Las arcillas montmorilloníticas se forma por unidades laminares ordenadas con enlaces van der Waals, en consecuencia se producen varias sustituciones, incluyendo Al por Si en el tetraedro y Mg, Fe, Li o Zn por Al en la capa octaédrica (Fig. 13). Estos intercambios producen una carga negativa relativamente grande en el mineral con la resultante capacidad de intercambio de cationes por el agua con iones ⁺H en la ausencia de iones metálicos (Bowles, 1982).

Tabla 4. Propiedades esperadas para caolinita, illita y montmorillonita

PROPIEDAD	CAOLINITA	ILLITA	MONTMORILLONITA
Superficie específica	Baja	Intermedia	Altísima
Tamaño de partícula	Grande	Intermedio	Pequeño
Defloculación	Buena	Regular	Difícil
Resistencia mecánica	Baja	Buena	Altísima
Plasticidad	Baja	Intermedia	Altísima
Contracción en secado	Baja	Baja	Altísima
Temperatura de cocción	Alta	Baja	Baja
Rango de cocción	Ancho	Estrecho	Estrecho

Fuente: Fuentes, Mejía, Caudillo et al De la Rosa. Elaboración: Autor

Para la discriminación de las muestras se tomó referencia a que la montmorillonita está en un rango de superficie específica entre 80 – 150 m²/g (Bowles, 1982), partiendo de esta directriz se conjugaron los datos de plasticidad eligiendo los suelos que según la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) (Badillo et al Rodríguez, 2009) se encasillan dentro de los suelos finos de alta plasticidad, en algunos casos el sílice presente en las muestras disminuye su plasticidad aumentando la capacidad de abrasión.

También se añade la mineralogía de cada muestra, esta descripción se consiguió mediante Difractometría de rayos X, apoyada en la composición química de las muestras que se obtuvo a través de Fluorescencia de rayos X.

Mineral	Fórmula	Posición de reflexión principal	
		2 theta	d (Å)
Montmorillonita (M)	$\text{Ca}_{0,2}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_{2,4}\text{H}_2\text{O}$	6,96	12,69
		19,712	4,5
		34,742	2,58
		61,797	1,5
Muscovita (Mus)	$(\text{K,Ca,Na})(\text{Al,Mg,Fe})_2(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	8,916	9,91
		19,757	4,49
		24,503	3,63
		26,75	3,33
Cristobalita (Cris)	SiO_2	21,984	4,039
		28,438	1,136
		31,461	2,487
		36,079	2,841
Cuarzo (Q)	SiO_2	20,86	4,255
		26,64	3,343
		50,139	1,818
		67,74	1,382

Fig. 14 Patrones de difracción de algunos minerales arcillosos Fuente: Lazo, Navarro, Sun Kon et al Llanos, 2008. Elaboración: Autor.

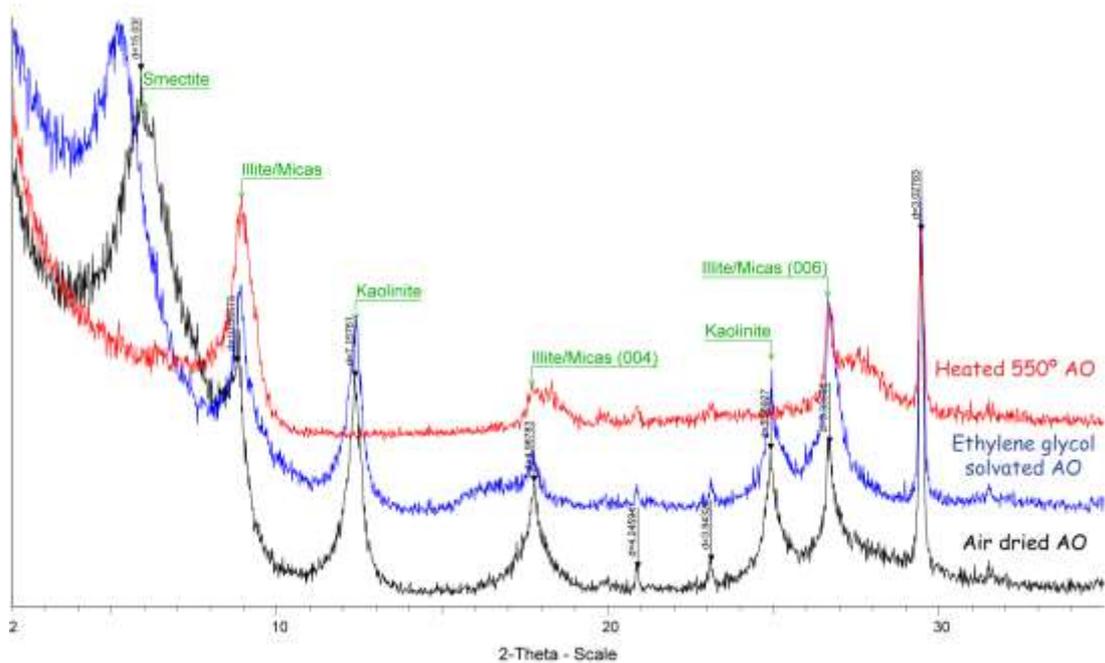


Fig. 15 Difractograma de una muestra de minerales arcillosos Fuente: Universidad Complutense de Madrid, CAI de Ciencias Geológicas. Elaboración: Autor.

La interpretación de los difractogramas se enfoca en los primeros 35° de posición de reflexión principal 2 theta, debido a que los ángulos de difracción de los minerales arcillosos se encuentran dentro de los 0° y 30°grados (Fig. 15 y Fig. 16) de reflexión, también se incluye al pico de cristobalita (31.46°), mineral polimolimorfo de cuarzo, por ser el cual se encuentra en mayor proporción en las muestras estudiadas.

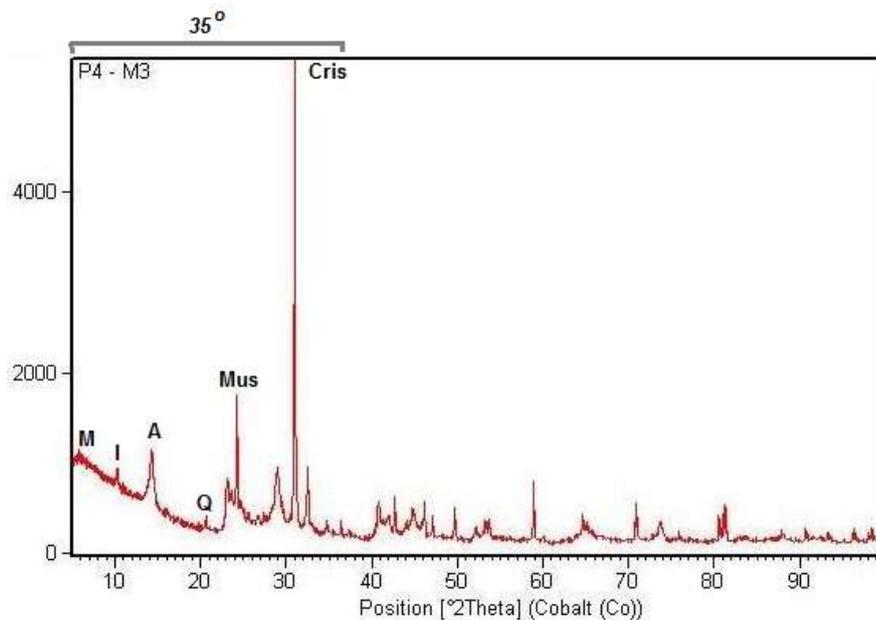


Fig. 16 Difractograma de la muestra P4-M3 que contiene montmorillonita (M), illita (I), Albita (A), moscovita (Mus), cuarzo (Q) y cristobalita (Cris).Fuente y elaboración: Autor

A continuación se presenta un enfoque puntual sobre las **ocho muestras de interés**, las cuales cumplen con las características que nos indican presencia considerable de montmorillonita.

5.1. Muestra P1-M1.

La muestra P1-M1 pertenece al afloramiento del Punto N°1 el cual se ubica en las coordenadas 700306 E; 9561302 N; 2097 msnm. Es un estrado de aproximadamente 3 m de potencia constituido de lutitas grises (Fig. 17) de alta fisibilidad, presentan azufre entre láminas y capas, además de la presencia de carbonatos. Al estar disgregadas superficialmente, por la meteorización que le afecta, no se pudo tomar datos estructurales.



Fig. 17 Lutitas pertenecientes al afloramiento del Punto 1, muestra P1-M1. Fuente y elaboración: Autor

Tabla 5 Características geológicas, físicas, mecánicas, químicas y mineralógicas de la muestra P1-M1

ROCA:	LUTITA		
LL : 67%	LP: 37.21%	SE: 148.77 m ² /g	ρ: 1.94 gr/cm ³
MINERALOGÍA	Moscovita (Mus) Cristobalita (Cris)	Illita (I) Montmorillonita (M)	

Fuente y elaboración: Autor

La muestra P1-M1 posee superficie específica (SE) con un valor de 148.77 m²/g, lo que nos indica que se encuentra dentro del rango establecido para suponer la presencia de montmorillonita. Presenta un límite líquido (LL) de 67% y un límite plástico de 37.21% lo que da como resultado un índice de plasticidad (IP) de 29.79%, se compone 64.24% de limos y arcillas; como resultado de estas características, es

decir, la granulometría y los límites de Attenberg, dentro del SUCS se clasifican como limos de alta plasticidad (MH1). (Tabla 5)

Son lutitas que contienen en mayor cantidad sílice (SiO_2), el cual se halla en forma de cristobalita (Cris), esto se deduce de la intensidad de los picos característicos de este mineral en comparación con la intensidad de los picos de montmorillonita (M), illita (I) y moscovita (Mus) que se observaron en la difracción. (Fig. 18)

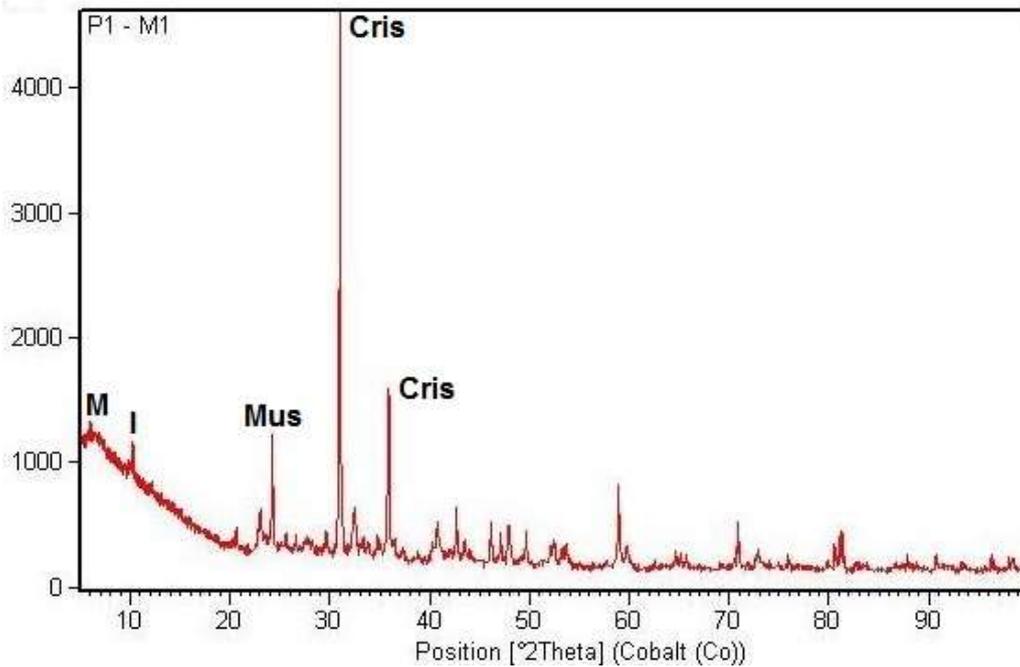


Fig. 18 Difractograma de la muestra P1-M1. Fuente y elaboración: Autor

5.2. Muestra P1 – M2.

La muestra P1-M2 pertenece al afloramiento del Punto N°1 el cual se ubica en las coordenadas 700306 E; 9561302 N; 2097 msnm. Son limolitas compactas de color gris, con estratificación en capas de ~0.1 m de potencia orientadas 10°N-90°SE y con diaclasas de dirección 264°N - 57°NW. Presentan óxidos como relleno de las discontinuidades y un alto contenido en carbonatos. (Fig. 19)



Fig. 19 Limolitas presentes en el Punto 1. Muestra P1-M2. Fuente y elaboración: Autor

Tabla 6 Características geológicas, físicas, mecánicas, químicas y mineralógicas de la muestra P1-M2

ROCA:		LIMOLITA COMPACTA					
LL:	37.37%	LP:	27.06%	SE:	91.20 m ² /g	ρ:	2.38 gr/cm ³
COMPOSICION QUIMICA		SiO₂	56.22	Al₂O₃	12.73		
		Fe₂O₃	3.24	CaO	12.33		
		MgO	11.82	Na₂O	1.17		
		K₂O	2.18	TiO₂	0.32		
MINERALOGÍA		Moscovita (Mus)		Illita (I)			
		Cristobalita (Cris)		Montmorillonita (M)			

Fuente y elaboración: Autor

La muestra P1-M2 posee superficie específica (SE) con un valor de 91.20 m²/g, lo que nos indica que se encuentra dentro del rango establecido para suponer la presencia de montmorillonita. Presenta un límite líquido (LL) de 37.37% y un límite plástico de 27.06% lo que da como resultado un índice de plasticidad (IP) de 10.33%, se compone 54.44% de limos y arcillas; como resultado de estas características, es decir, la granulometría y los límites de Attenberg, el SUCS la clasifica como limos de baja plasticidad (ML). (Tabla 6)

Las limolitas contienen un mayor porcentaje de sílice (SiO₂), el cual se haya en forma de cristobalita (Cris), esto se deduce de la intensidad de los picos característicos de este mineral en comparación con la intensidad de los picos de montmorillonita (M), illita (I) y moscovita (Mus) que se observaron en la difracción. (Fig. 20)

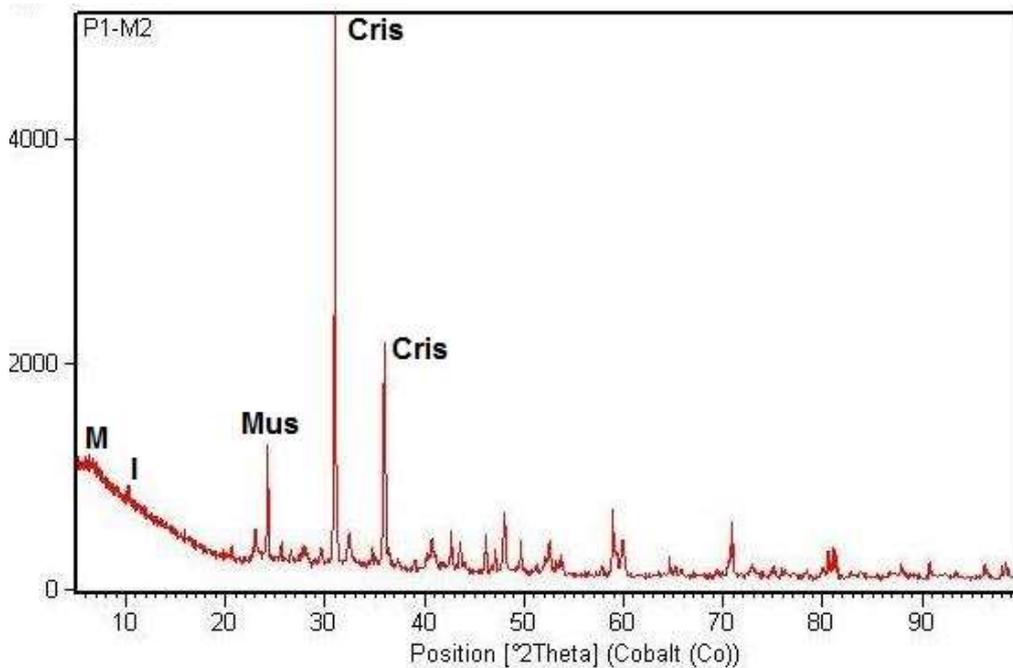


Fig. 20 Difractograma muestra P1-M2. Fuente y elaboración: Autor

5.3. Muestra P2-M1

La muestra P2-M1 pertenece al afloramiento del Punto N°2 el cual se ubica en las coordenadas 700140 E; 9561344 N; 2097 msnm. Se trata de limolitas de color gris, con relleno de óxidos en los planos de estratificación (Fig.21). Se distribuye en capas de entre 0.2 m a 0.5 m de espesor. Conforman un paquete de ~3,5 m de potencia.



Fig. 21 Limolitas aflorantes en el Punto 2, muestra P2-M1. Fuente y elaboración: Autor

Tabla 7. Características geológicas, físicas, mecánicas, químicas y mineralógicas de la muestra P2-M1

ROCA:		LIMOLITA					
LL:	53.14%	LP:	31.27%	SE:	140.77 m ² /g	D:	2.12 gr/cm ³
COMPOSICION QUIMICA	SiO ₂	73.36	Al ₂ O ₃	17.37			
	Fe ₂ O ₃	3.13	CaO	1.09			
	MgO	1.37	Na ₂ O	0.99			
	K ₂ O	2.19	TiO ₂	0.49			
MINERALOGÍA	Moscovita (Mus)			Illita (I)			
	Cristobalita (Cris)			Montmorillonita (M)			

Fuente y elaboración: Autor

La muestra P2-M1 posee superficie específica (SE) con un valor de 140.77 m²/g, lo que nos indica que se encuentra dentro del rango establecido para suponer la presencia de montmorillonita. Presenta un límite líquido (LL) de 53.14% y un límite

plástico de 31.27% lo que da como resultado un índice de plasticidad (IP) de 21.86%, se compone 56.80% de limos y arcillas; como resultado de estas características, es decir, la granulometría y los límites de Attenberg, el SUCS la clasifica como limos de alta plasticidad (MH1). (Tabla 7)

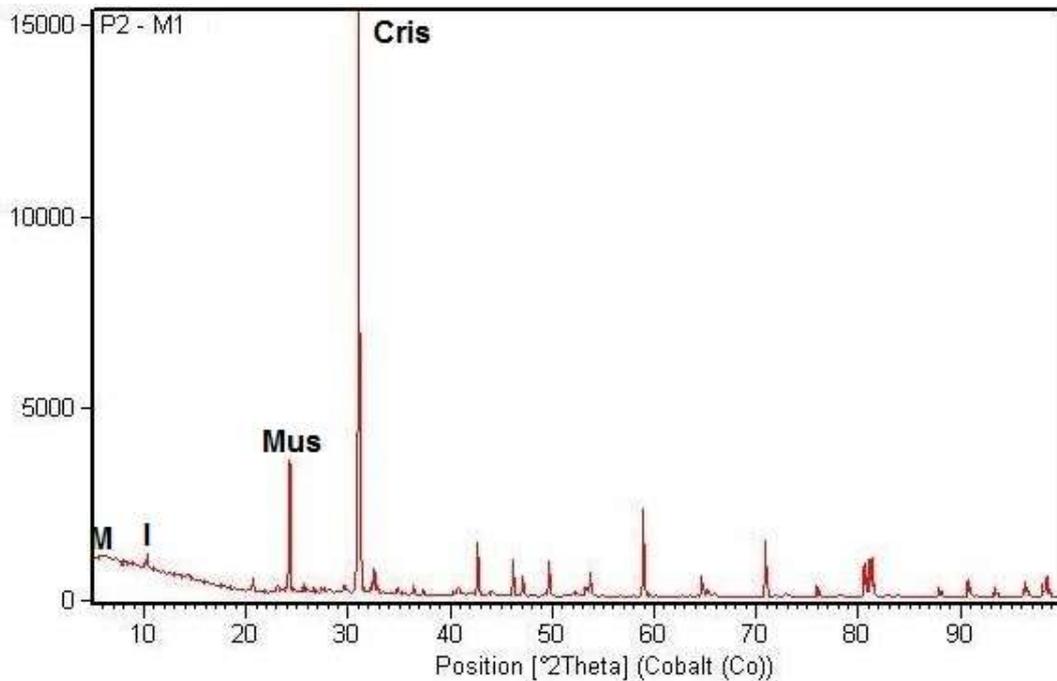


Fig. 22 Difractograma muestra P2-M1. Fuente y elaboración: Autor

Son limolitas con gran cantidad de cristobalita (Cris), polimorfo del cuarzo, en comparación a la cantidad de montmorillonita (M), illita (I) y moscovita (Mus). (Fig. 22)

5.4. Muestra P2-M2

La muestra P2-M2 pertenece al afloramiento en el Punto N°2, ubicado en las coordenadas 700140 E; 9561344 N; 2097 msnm. Limolita con bajo contenido de azufre entre laminaciones. Fracturadas por los procesos de compresión, al saturarse adquieren una alta plasticidad. (Fig. 23)



Fig. 23 Limolitas, muestra P2-M2. Fuente y elaboración: Autor

Tabla 8. Características geológicas, físicas, mecánicas, químicas y mineralógicas de la muestra P2-M2

ROCA:		LIMOLITA					
LL:	63.29%	LP:	43.77%	SE:	98.11 m ² /g	ρ:	2.18 gr/cm ³
COMPOSICION QUIMICA	SiO ₂	73.36	Al ₂ O ₃	17.37			
	Fe ₂ O ₃	3.13	CaO	1.09			
	MgO	1.37	Na ₂ O	0.99			
	K ₂ O	2.19	TiO ₂	0.49			
MINERALOGÍA	Moscovita (Mus)			Illita (I)			
	Cristobalita (Cris)			Montmorillonita (M)			
	Caolinita (K)			Cuarzo (Q)			

Fuente y elaboración: Autor

La muestra P2-M2 posee superficie específica (SE) con un valor de 98.11 m²/g, valor que se encuentra sobre el límite inferior del rango establecido para suponer la presencia de montmorillonita. Presenta un límite líquido (LL) de 63.29% y un límite

plástico de 43.77% lo que da como resultado un índice de plasticidad (IP) de 19.53%, se compone 62.43% de limos y arcillas; como resultado de estas características, es decir, la granulometría y los límites de Attenberg, el SUCS la clasifica como limos de alta plasticidad (MH1). (Tabla 7)

Las limolitas contienen un mayor porcentaje de sílice (SiO_2), en la variedad cristobalita (Cris), esto se deduce de la intensidad de los picos característicos de este mineral en comparación con la intensidad de los picos de montmorillonita (M), illita (I) cuarzo (Q), caolinita (K) y moscovita (Mus) que se observaron en la difracción. (Fig. 24)

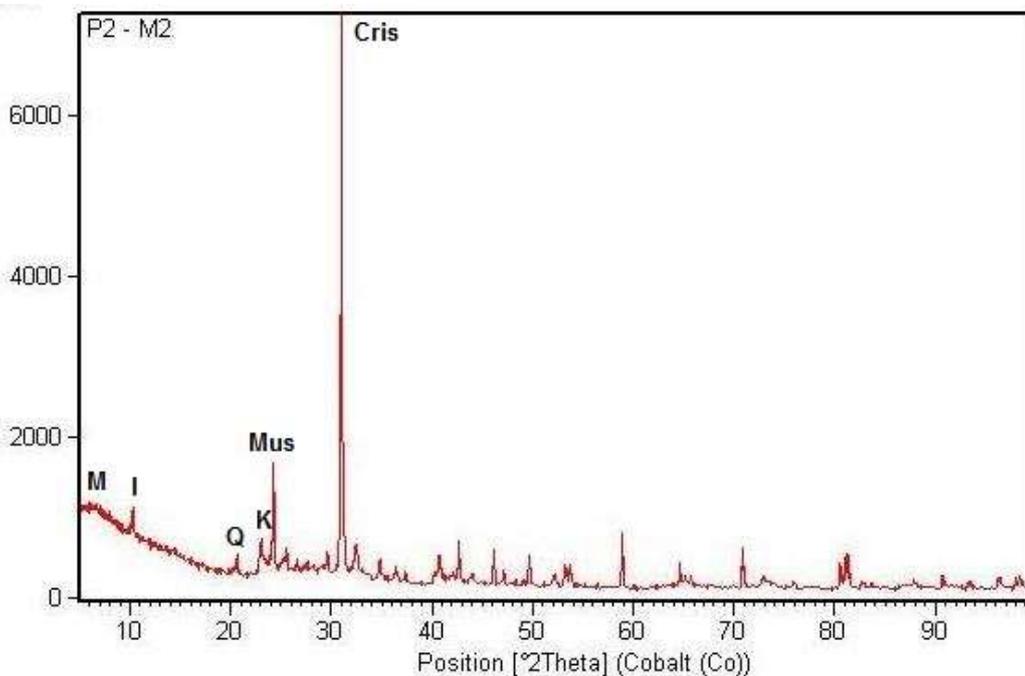


Fig. 24 Difractograma de la Muestra P2-M2. Fuente y elaboración: Autor

5.5. Muestra P4-M1.

La muestra P4-M1 pertenece al afloramiento en el Punto N°4 ubicado en la Concesión Minera Los Pinos, coordenadas 701081 E; 9558528 N; 2230 msnm. Se trata de un estrato de limolitas grises con ~4 m de potencia que contienen vetillas de turba y carbón.



Fig. 25 Limolitas presentes en el afloramiento del Punto 4, muestra P1-M1. Fuente y elaboración: Autor

Tabla 9. Características geológicas, físicas, mecánicas, químicas y mineralógicas de la muestra P4-M1

ROCA:	LIMOLITA			
LL: 48.69%	LP: 28.75%	SE: 117.37 m ² /g	ρ: 2.30 gr/cm ³	
COMPOSICION QUIMICA	SiO₂	60.04	Al₂O₃	24.97
	Fe₂O₃	5.93	CaO	1.19
	MgO	2.59	Na₂O	1.43
	K₂O	3.24	TiO₂	0.61
MINERALOGÍA	Moscovita (Mus)		Illita (I)	
	Cristobalita (Cris)		Montmorillonita (M)	
	Caolinita (K)		Cuarzo (Q)	
	Albita (A)			

Fuente y elaboración: Autor

La muestra P4-M1 posee superficie específica (SE) con un valor de 117.37 m²/g, es un valor medio del rango establecido para suponer la presencia de montmorillonita. Presenta un límite líquido (LL) de 48.69% y un límite plástico de 28.75% lo que da como resultado un índice de plasticidad (IP) de 19.93%, se compone 86.43% de limos y arcillas; como resultado de estas características, es decir, la granulometría y los límites de Attenberg, el SUCS la clasifica como un limo de baja plasticidad (ML). (Tabla 9)

Las limolitas contienen un mayor porcentaje de sílice (SiO₂), el cual se haya en forma de cristobalita (Cris), esto se deduce de la intensidad de los picos característicos de este mineral en comparación con la intensidad de los picos de montmorillonita (M), illita (I), caolinita (K), albita(A), cuarzo (Q) y moscovita (Mus) que se observaron en la difracción. (Fig. 26)

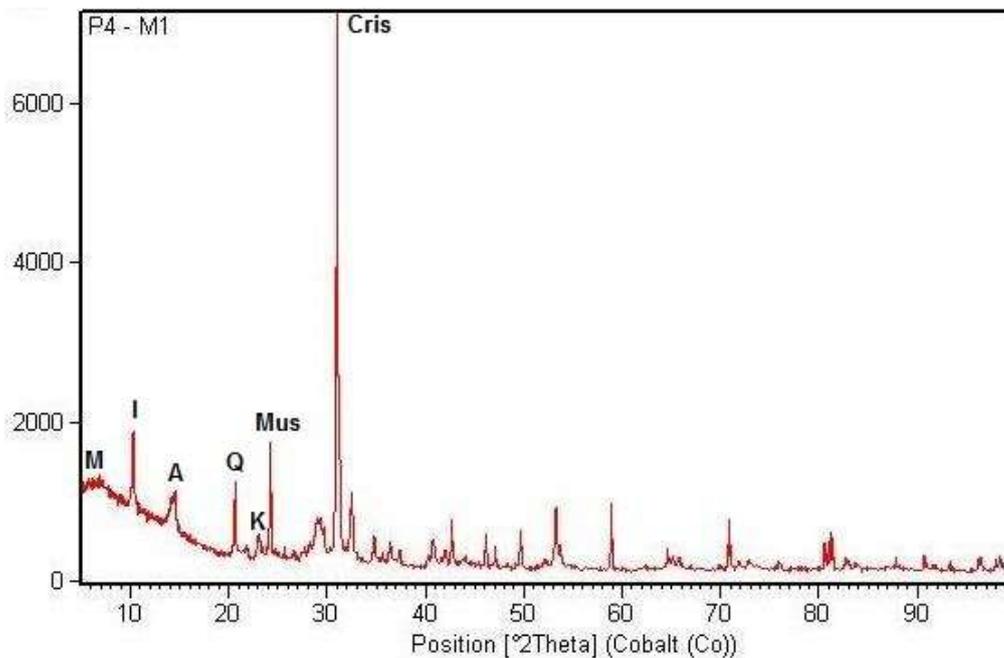


Fig. 26 Difractograma de la muestra P4-M1. Fuente y elaboración: Autor

5.6. Muestra P5-M1.

La muestra P5-M1 pertenece al afloramiento N°5 ubicado en las coordenadas 701006 E; 9558284 N; 2252 msnm. Lutitas grises depositadas en dirección 150°N – 25°NE formando capas de potencia entre 0.2 m y 0.5 m, presentan una estratificación laminar con discontinuidades rellenas de óxidos. La oxidación es preponderante en la parte superior del afloramiento disminuyendo su ocurrencia hacia la parte inferior. (Fig. 27)



Fig. 27 Lutitas del afloramiento en el Punto 5, muestra P5-M1. Fuente y elaboración: Autor

Tabla 10. Características geológicas, físicas, mecánicas, químicas y mineralógicas de la muestra P5-M1

ROCA:		LUTITA					
LL:	68.90%	LP:	45.90%	SE:	135.83 m ² /g	ρ:	2.44 gr/cm ³
COMPOSICION QUIMICA	SiO ₂	71.51	Al ₂ O ₃	19.33			
	Fe ₂ O ₃	3.30	CaO	1.10			
	MgO	1.27	Na ₂ O	0.78			
	K ₂ O	2.20	TiO ₂	0.50			
MINERALOGÍA	Moscovita (Mus)		Illita (I)				
	Cristobalita (Cris)		Montmorillonita (M)				
	Caolinita (K)		Cuarzo (Q)				

Fuente y elaboración: Autor

La muestra P5-M1 posee superficie específica (SE) con un valor de 135.38 m²/g, es un valor medio del rango establecido para suponer la presencia de montmorillonita.

Presenta un límite líquido (LL) de 68.90% y un límite plástico de 45.90% lo que da como resultado un índice de plasticidad (IP) de 23.00%, se compone 59.32% de limos y arcillas; como resultado de estas características, es decir, la granulometría y los límites de Attenberg, el SUCS la clasifica como limo inorgánico de alta plasticidad (MH1). (Tabla 10)

Las lutitas contienen un mayor porcentaje de sílice (SiO_2), el cual se haya en forma de cristobalita (Cris), esto se deduce de la intensidad de los picos característicos de este mineral en comparación con la intensidad de los picos de montmorillonita (M), illita (I), caolinita (K), cuarzo (Q) y moscovita (Mus) que se observaron en la difracción. (Fig. 28)

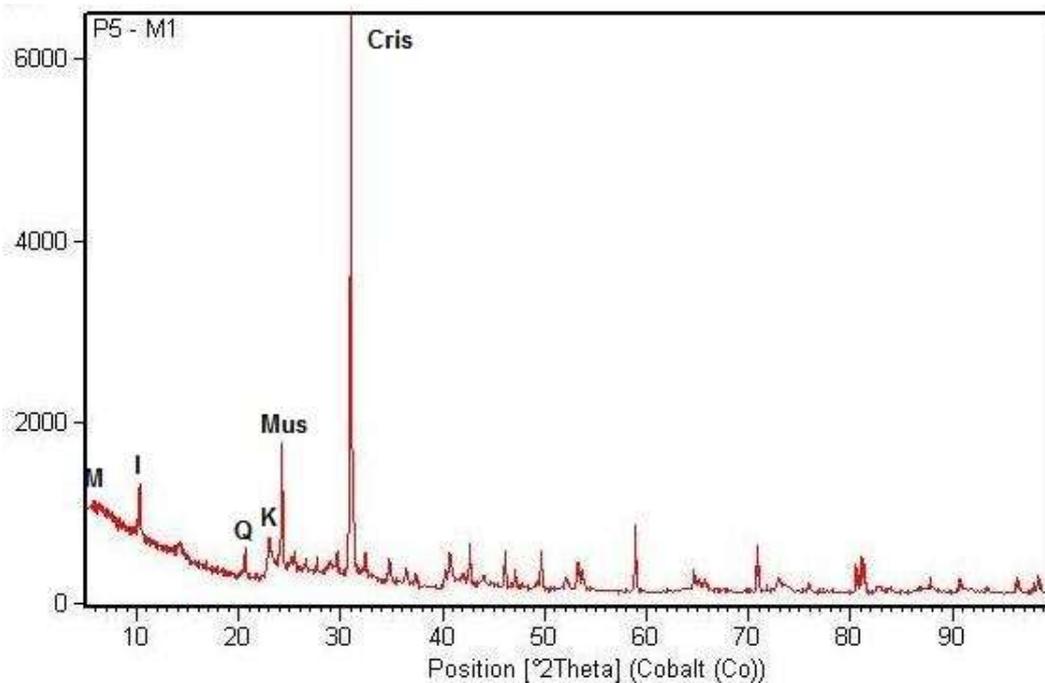


Fig. 28 Difractograma muestra P5-M1. Fuente y elaboración: Autor

5.7. Muestra P8-M1.

La muestra P8-M1 estrato del afloramiento N°8 ubicado en las coordenadas 698077 E; 9563354 N; 2023 msnm. Lutitas calcáreas ordenadas en estratos de aproximadamente 4 m de potencia, entre las discontinuidades contiene azufre y yeso. Se hallan afectadas por meteorización física que provocan disgregación y posterior acumulación del material al pie del talud (Fig. 29).



Fig. 29 Lutitas inorgánicas, muestra P8-M1. Fuente y elaboración: Autor

Tabla 11. Características geológicas, físicas, mecánicas, químicas y mineralógicas de la muestra P8-M1

ROCA:		LUTITA					
LL:	55.19%	LP:	26.18%	SE:	267.33 m ² /g	ρ:	2.45 gr/cm ³
COMPOSICION QUIMICA	SiO ₂	66.12	Al ₂ O ₃	22.11			
	Fe ₂ O ₃	4.02	CaO	2.00			
	MgO	1.74	Na ₂ O	1.39			
	K ₂ O	1.76	TiO ₂	0.89			
MINERALOGÍA	Moscovita (Mus)		Illita (I)				
	Cristobalita (Cris)		Montmorillonita (M)				
	Caolinita (K)						

Fuente y elaboración: Autor

La muestra P8-M1 posee superficie específica (SE) con un valor de 267.33 m²/g, es un valor cercano al límite superior del rango establecido para suponer la presencia de montmorillonita. Presenta un límite líquido (LL) de 55.19% y un límite plástico de 26.18% lo que da como resultado un índice de plasticidad (IP) de 29.01%, se compone 79.12% de limos y arcillas; como resultado de estas características, es decir, la granulometría y los límites de Attenberg, el SUCS la clasifica como arcilla inorgánica de alta plasticidad (CH1). (Tabla 11)

Las lutitas contienen un mayor porcentaje de sílice (SiO₂), el cual se haya en forma de cristobalita (Cris), esto se deduce de la intensidad de los picos característicos de este mineral en comparación con la intensidad de los picos de montmorillonita (M), illita (I), caolinita (K) y moscovita (Mus) que se observaron en la difracción. (Fig. 30)

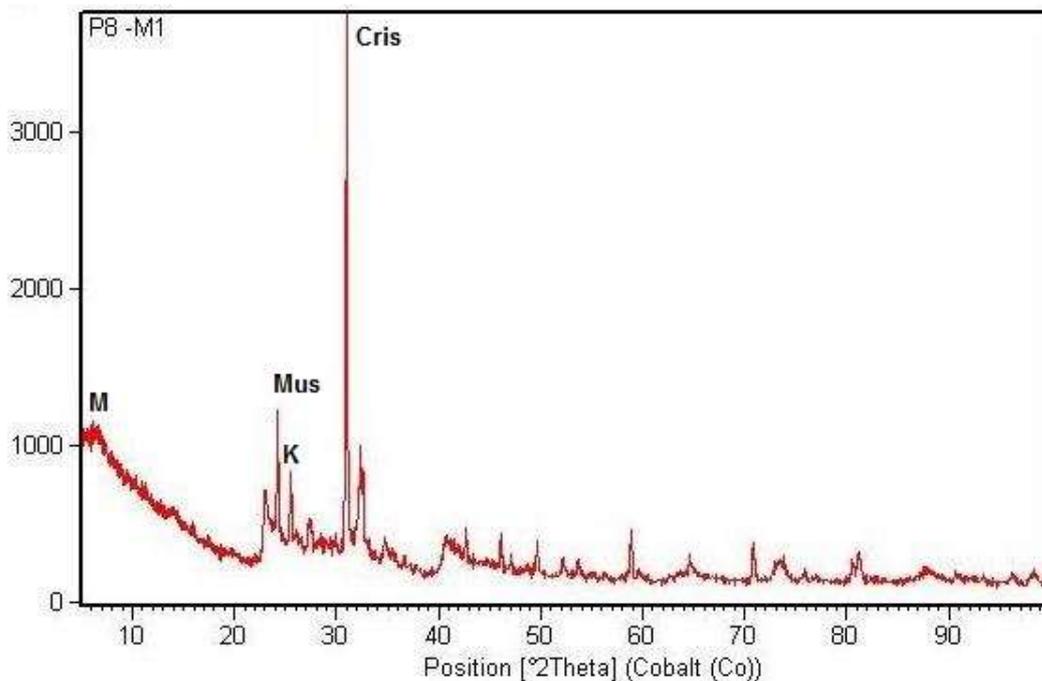


Fig. 30 Difractograma de la muestra P8-M1. Fuente y elaboración: Autor

5.8. Muestra P10-M1.

La muestra P10-M1 pertenece al afloramiento N°10 el cual se ubica cerca de los afloramientos N°1 y N°2, en las coordenadas 700443 E; 9560708 N; 2181 msnm. Limolitas grises de alta fisibilidad depositadas en dirección 213°N – 35°SE, contiene oxidaciones entre láminas y capas. Estas arcillas forman un estrato de ~0.7m de potencia.

ROCA :	LIMOLITA			
LL: 66.04%	LP: 44.86%	SE: 101.71 m ² /g	ϱ: 2.09 gr/cm ³	
COMPOSICION QUIMICA	SiO ₂	68.91	Al ₂ O ₃	19.85
	Fe ₂ O ₃	5.00	CaO	1.17
	MgO	1.60	Na ₂ O	0.96
	K ₂ O	1.95	TiO ₂	0.55
MINERALOGÍA	Moscovita (Mus)		Illita (I)	
	Cristobalita (Cris)		Montmorillonita (M)	
	Cuarzo(Q)			

Tabla 12. Características geológicas, físicas, mecánicas, químicas y mineralógicas de la muestra P10-M1. Fuente: Autor

La muestra P10-M1 posee superficie específica (SE) con un valor de 101.71 m²/g, es un valor medio del rango establecido para suponer la presencia de montmorillonita. Presenta un límite líquido (LL) de 66.04% y un límite plástico de 44.86% lo que da como resultado un índice de plasticidad (IP) de 21.18%, se compone 60.50% de limos y arcillas; por tanto, en base a la granulometría y los límites de Attenberg, dentro del SUCS se clasifica como limo inorgánico de alta plasticidad (MH1). (Tabla 12)

Las limolitas contienen cristobalita (Cris) como componente principal, montmorillonita (M), illita (I), cuarzo (Q) y moscovita (Mus) entre los más importantes; esto según se observó en la difracción. (Fig. 31)

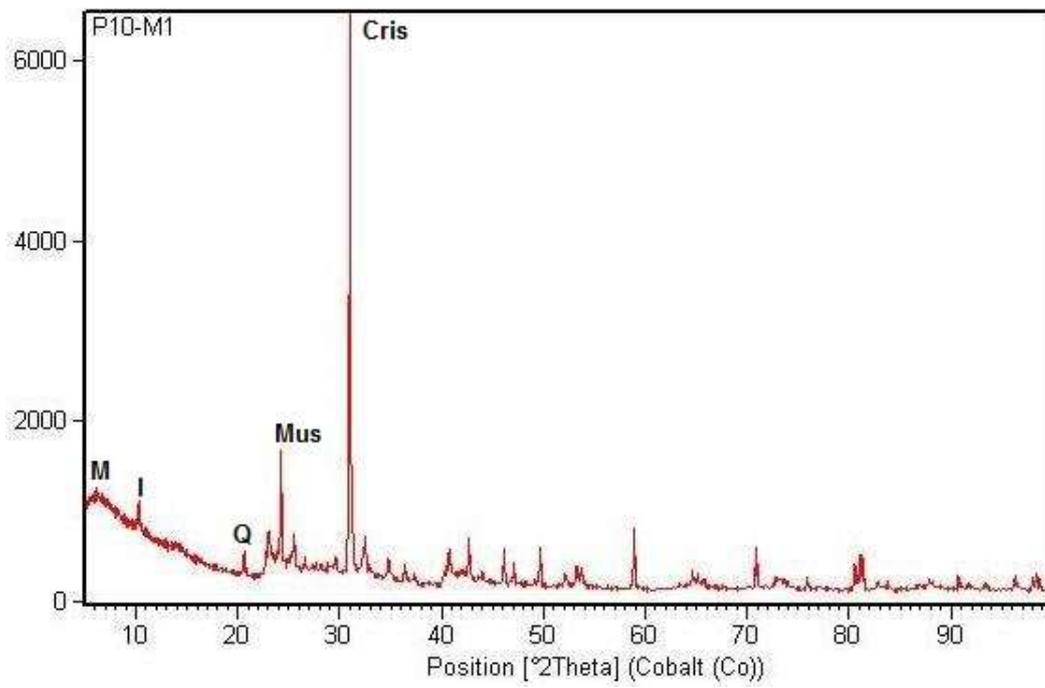


Fig. 31 Difractograma de la muestra P10-M1. Fuente y elaboración: Autor

5.9. Difractometría de Rayos X

La difracción de rayos X nos permite diferir la mineralogía de las muestras estudiadas, para asegurar que las arcillas de la Cuenca Sedimentaria de Loja contienen sílice en mayor porcentaje que los otros minerales que las constituyen. Todas las muestras presentan un porcentaje del mineral de interés para esta investigación, lo cual se puede apreciar en la Fig. 32, pero al analizar los resultados obtenidos con los demás ensayos realizados, el porcentaje en algunas muestra no es representativo, por tanto solo se han recomendado ocho muestras (Fig. 33) para que sean objeto de un análisis cuantitativo de difracción de rayos X

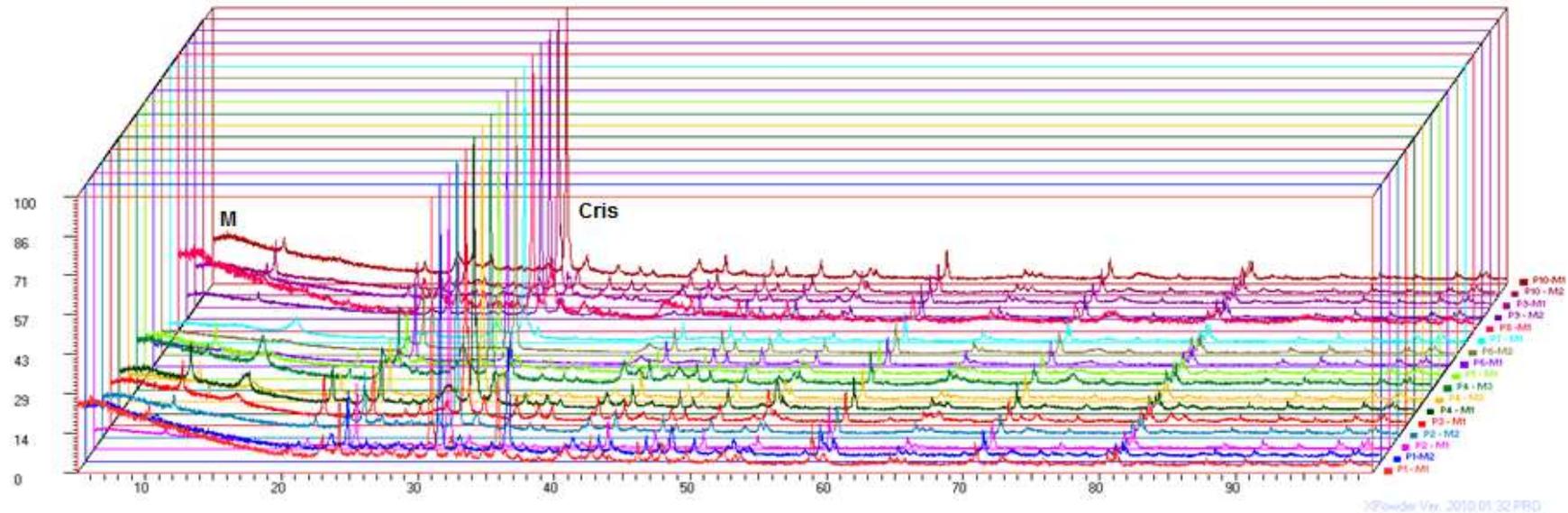


Fig. 32 Difractogramas de las diecisiete muestras estudiadas, siendo: Cristobalita (Cris) y Montmorillonita (M). Fuente y elaboración: Autor

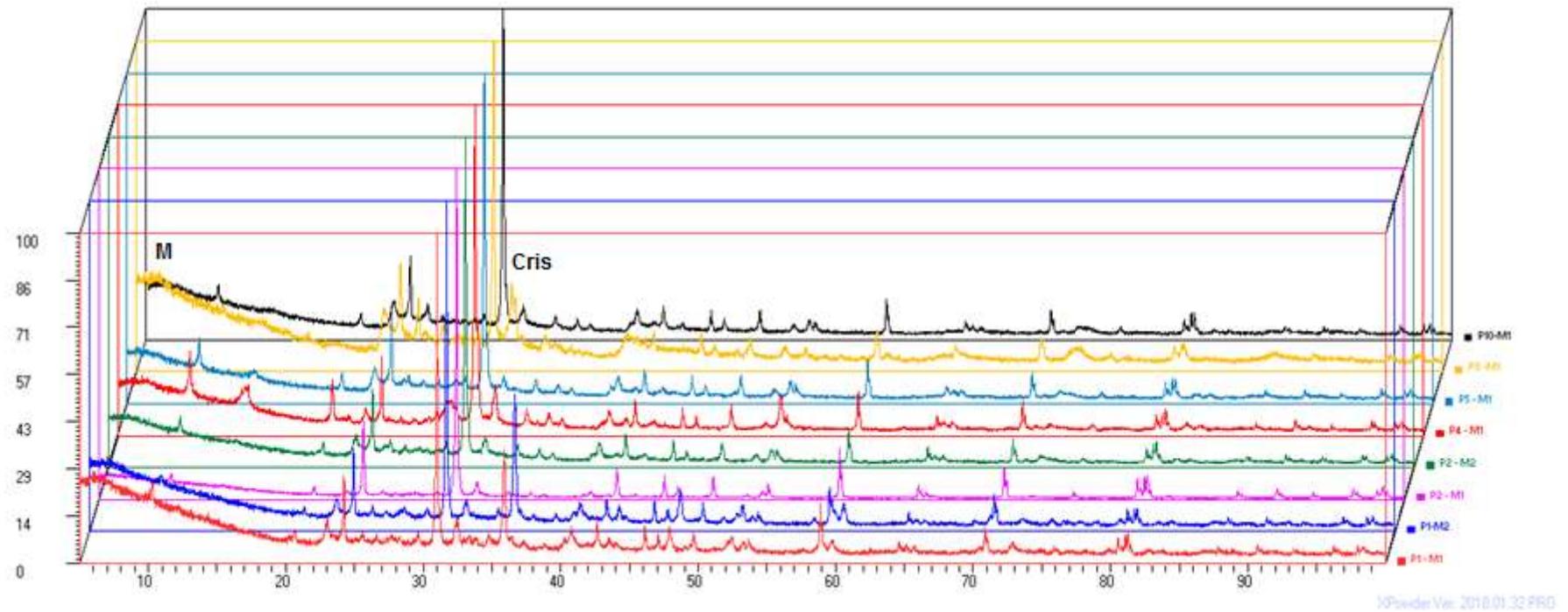


Fig. 33 Difractogramas de las ocho muestras seleccionadas, siendo: Cristobalita (Cris) y Montmorillonita (M). Fuente y elaboración: Autor.

5.10. Análisis Estadístico.

5.10.1. Resultados obtenido del ensayo de superficie específica (S.E.).

El ensayo de absorción de azul de metileno (Anexo II.c.2) nos permite definir la superficie específica de las arcillas, esta característica fue el parámetro base para iniciar con la discriminación de las muestras recolectadas, teniendo que el 47% de las muestras analizadas contienen esmectitas en cantidad suficiente como para ser detectado mediante el empleo del ensayo de absorción de azul de metileno (Fig. 34).

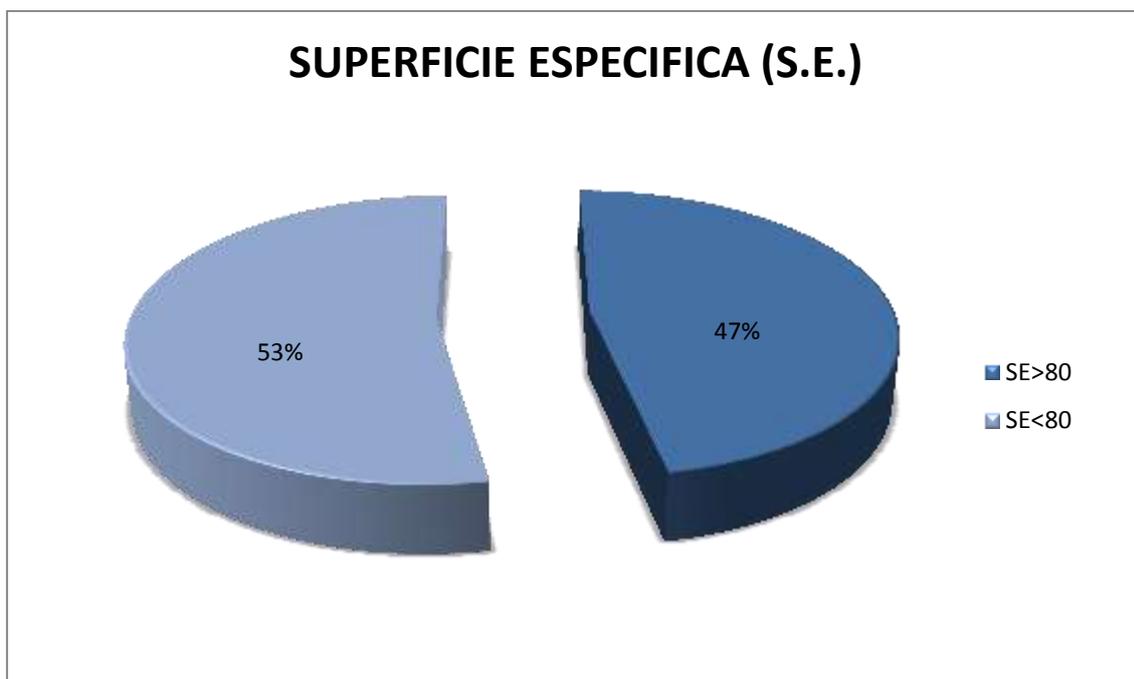


Fig. 34 Porcentajes de muestras que presentan una SE mayor al $80\text{m}^2/\text{g}$ frente a las muestras que no satisfacen la condición. Fuente y elaboración: Autor

Luego del análisis de los resultados se observa que las muestras P1-M1, P1-M2, P2-M1, P2-M2, P4-M1, P5-M1, P8-M1 y P10-M1 presentan una superficie específica mayor a $80\text{m}^2/\text{g}$ (Fig. 35), es decir, se encuentran sobre el límite inferior del rango que presentan las arcillas de la familia de las esmectitas (Bowles, 1982). Las nueve muestras restantes, P3-M1, P4-M2, P4-M3, P6-M1, P6-M2, P7-M1, P9-M1, P9-M2 y P10-M2, no superan el valor mínimo de la superficie específica requerida, por tanto estas muestras, podrían verse rezagadas para análisis posteriores de cuantificación de porcentajes de los componentes esmécticos.

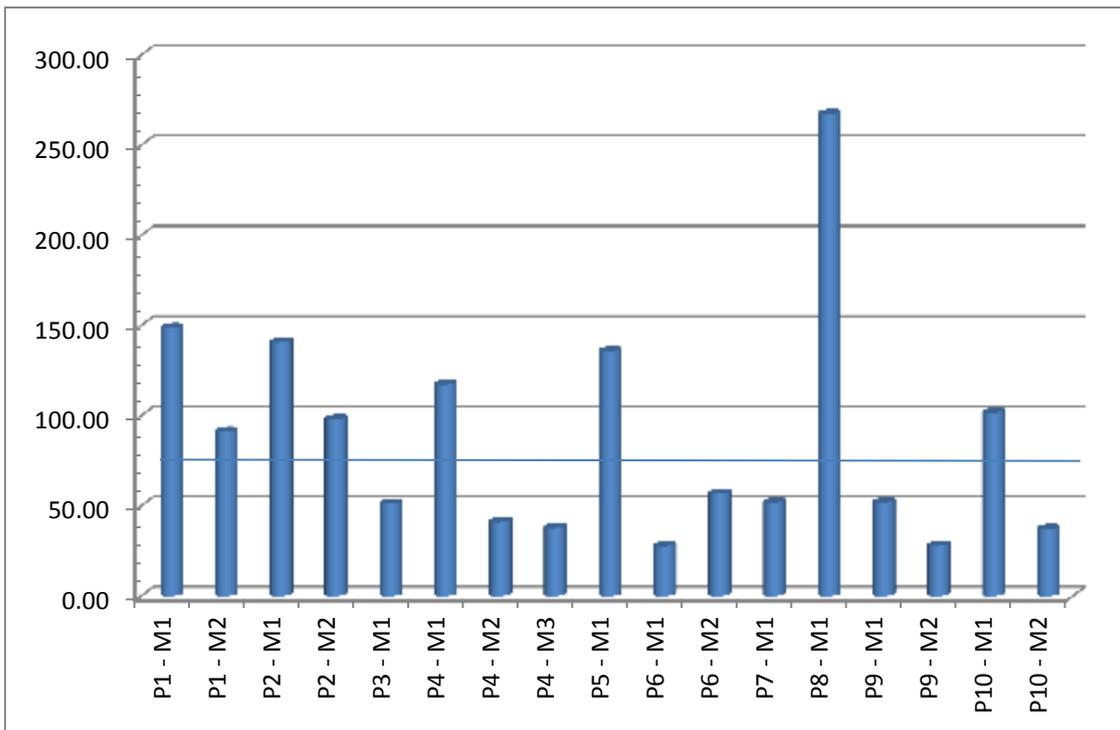


Fig. 35 Valores de SE para todas las muestras recolectadas. Fuente y elaboración: Autor

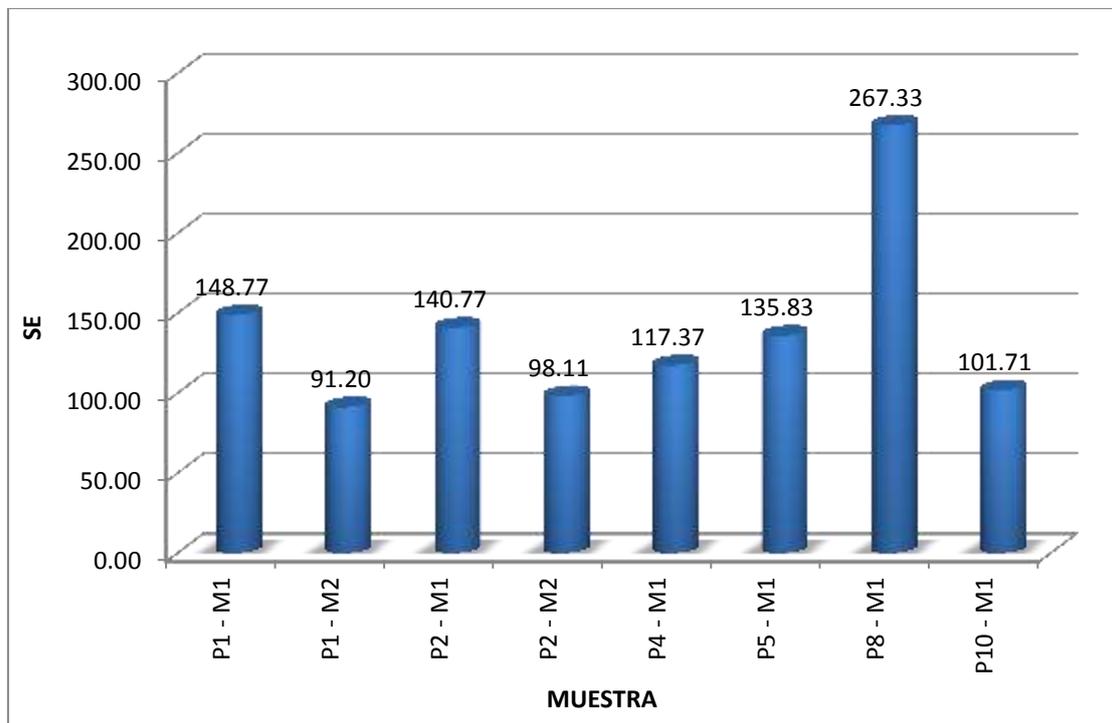


Fig. 36 Valores de la SE de las ocho muestras con valores superiores al $80\text{m}^2/\text{g}$. Fuente y elaboración: Autor

5.10.2. Resultados obtenidos en los Límites de Attenberg

Los Límites de Attenberg (Anexo II.b.) nos permiten definir las características mecánicas de los sedimentos finos, medir la plasticidad de los materiales que estamos estudiando y junto con la granulometría nos permite especificar el tipo de sedimento que tenemos mediante la aplicación del SUCS (Badillo et al Rodríguez, 2009). Así tenemos que las muestras P1-M1, P1-M2, P2-M1, P2-M2, P4-M1, P5-M1, P8-M1 y P10-M1 presentan los índices de plasticidad (IP) más altos entre las muestras estudiadas (Fig. 38), también son aquellas muestras que tienen los límites líquido y plástico más representativos (Fig. 39).

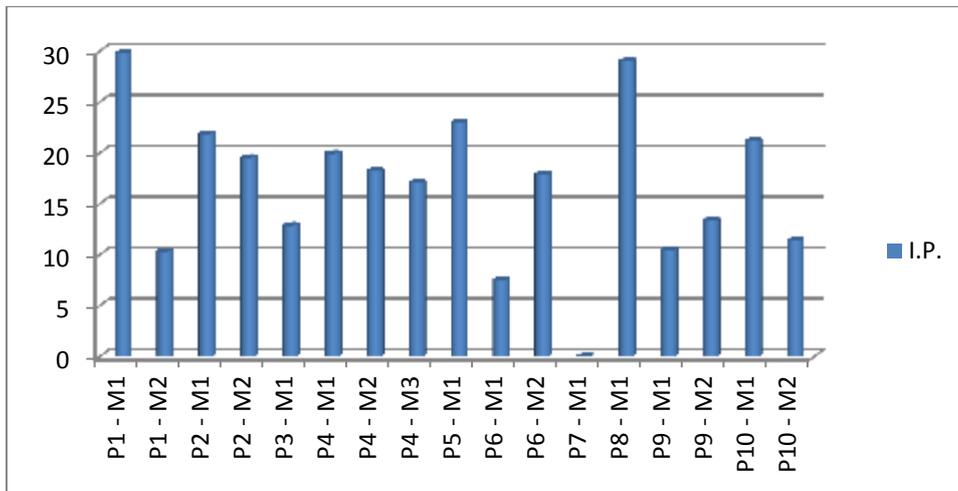


Fig. 37 Índice de Plasticidad de todas las muestras estudiadas. Fuente y elaboración: Autor

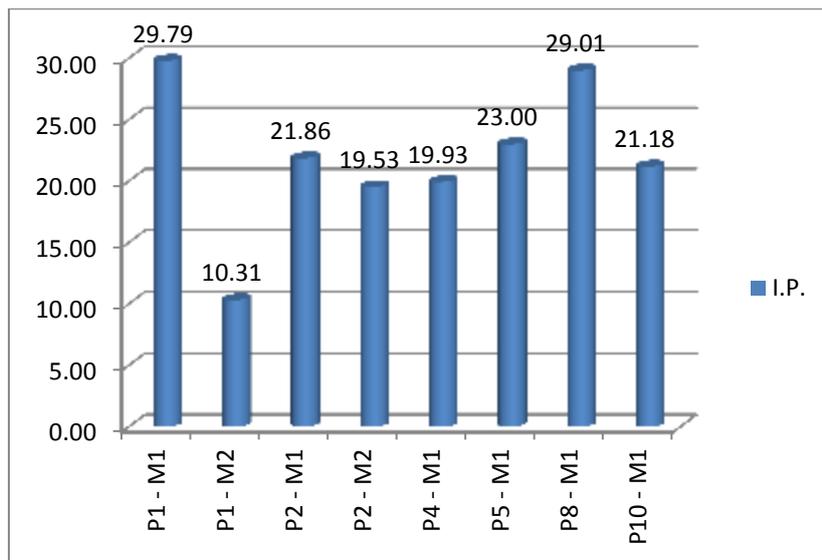


Fig. 38 Índice de Plasticidad de las ocho muestras de interés. Fuente y elaboración: Autor

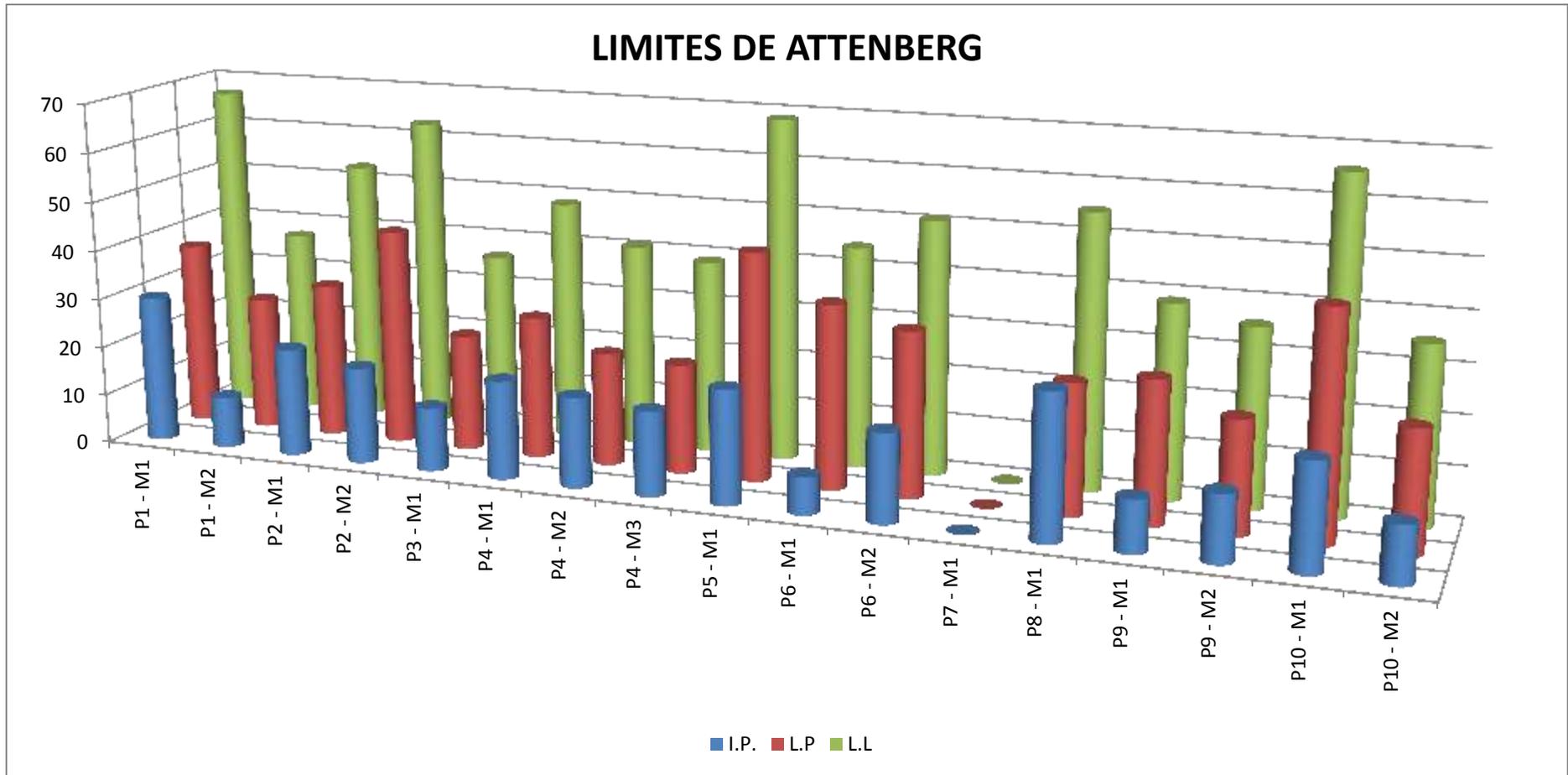


Fig. 39 Límite plástico e Índice de plasticidad de las muestras recolectadas, la suma de estas dos características nos da el valor del límite plástico correspondiente. (Anexo III.d.). Fuente y elaboración: Autor

5.10.3. Resultados obtenidos en la Fluorescencia de Rayos X

La montmorillonita es un filossilicato monoclinico con fórmula química $[(Na, Ca)_{0.3}(Al, Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O]$ (Dana, 1997), la fluorescencia (Anexo II.f.) nos permite conocer si las muestras de arcilla estudiada contienen los elementos químicos necesarios para la estructura de la montmorillonita.

En la Fig. 40 se observa la distribución de óxidos de Ti, K, Na, Ca, Mg, Fe, Al, Si, en las muestra. La fluorescencia demuestra que las arcillas de la Cuenca Sedimentaria de Loja son materiales con un elevado contenido de sílice (SiO_2) y con presencia considerable de óxido de aluminio (Al_2O_3). Se observa una distribución más homogénea del resto de óxidos, con excepción de la muestra P1-M2, la cual presenta un contenido más alto de óxido de calcio (CaO) y óxido de magnesio (MgO).

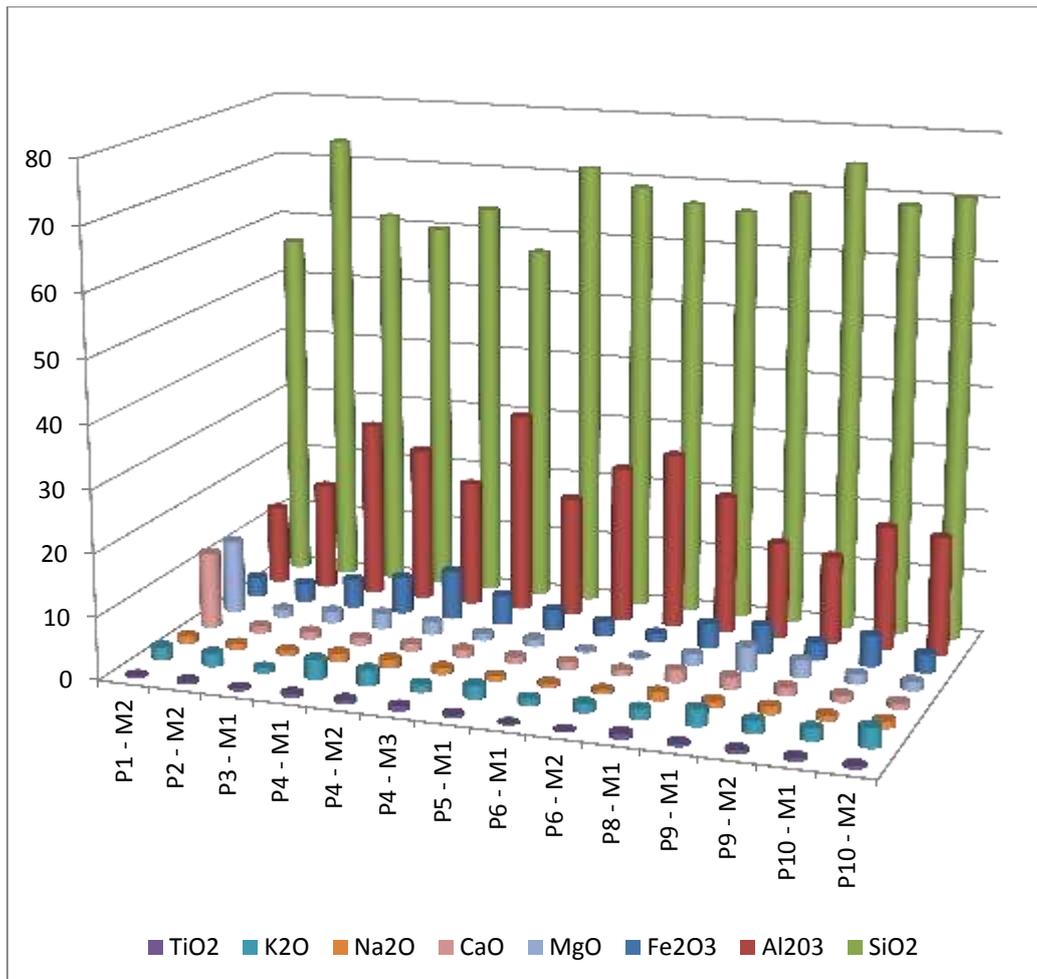


Fig. 40 Resultados de la Fluorescencia de Rayos X en porcentajes de óxidos de las muestras estudiadas. Fuente y elaboración: Autor

CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados obtenidos mediante la metodología planteada para la realización del presente trabajo de investigación se establece que:

- Al NW de la zona de estudio encontramos arcillas provenientes de la alteración de las rocas feldespáticas de la Formación Salapa y arenas finas derivadas de la meteorización de las rocas metamórficas de la Unidad Chiguinda. Las lutitas blancas calcáreas, estratos de limolitas compactas de color café y areniscas de granulometría fina que pertenecen al miembro medio de la Formación San Cayetano afloran al E del Río Zamora y ocupan el centro de la franja de exploración; finalmente, al SE del polígono encontramos arcillas grises con vetas de turba y carbón, que se sobreponen a un paquete de arcillas naranjas intercaladas con limonitas grises y lentes de sílice, estas litologías pertenecen al miembro inferior de la Formación San Cayetano.
- Las arcillas de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja contienen montmorillonita dentro de su composición mineralógica. Pero, indiscutiblemente, los sedimentos de la cuenca son materiales silíceos por presentar un contenido de sílice (SiO_2) mayor al 50%, lo que es observable en los difractogramas, pues la intensidad del pico de cristobalita, mineral polimorfo del sílice, es el de mayor intensidad con respecto a los picos de moscovita (Mus), caolinita (K), illita (I), albita(A) , cuarzo (Q) y montmorillonita (M).
- Las 17 muestras contienen montmorillonita (M), cristobalita (Cri) y moscovita (Mus). La caolinita (K), la sílice en forma de cuarzo (Q), la illita (I) y la albita(A) son minerales que se pueden encontrar en algunas de las muestras.
- Ocho de las diecisiete muestras recolectadas superan una superficie específica de $80 \text{ m}^2/\text{g}$, lo que significa que están sobre el límite inferior del rango que determina la presencia de montmorillonita. Las muestras P1-M1, P1-M2, P2-M1, P2-M2, P4-M1, P5-M1, P8-M1 y P10-M1 se consideran como las arcillas con los más altos contenidos de montmorillonita dentro de los materiales muestreados.

- La muestra P8-M1 es la muestra de sedimentos arcillosos de mejores características, presenta una superficie específica de 267.33 m²/g, cerca del límite superior del rango para la montmorillonita, un contenido de finos de 79.12% y un índice de plasticidad de 29.98%, el SUCS lo clasifica como una arcilla inorgánica de alta plasticidad (CH1). El difractograma de esta muestra sobresale de los demás por la intensidad del pico característico de la montmorillonita.
- Los ensayos físicos, químicos y mecánicos nos permitieron obtener las características de las muestras estudiadas, usando esta información, se definen zonas de mayor concentración de montmorillonita, las zonas de interés se encuentran en la Formación San Cayetano y abarcan los siguientes puntos: Punto 1, Punto 2, Punto 3, Punto 4, Punto 5, Punto 8 y Punto 10.

RECOMENDACIONES

Considerando los resultados obtenidos en la presente investigación se recomendaría:

- Hacer una preparación previa de las muestras que incluya una separación de la fracción arcilla de los limos, para poder mejorar los difractogramas cuantitativos.
- Realizar un estudio cuantitativo del contenido de montmorillonita de las muestras seleccionadas.
- Ejecutar un análisis estadístico multivariado de la información generada, con la finalidad de definir las aplicaciones óptimas de los sedimentos estudiados.
- Estudio a mayor detalle con un muestreo sistemático dentro de las zonas de interés.
- Adquirir y equipar el laboratorio de la manera más adecuada con el equipo requerido para el estudio.

BIBLIOGRAFIA

BENAVIDES R. Mario F. y BENAVIDES O. Leonardo V. *Caracterización, evaluación y posibles usos industriales de las arcillas del sector norte de la Cuenca de Loja y el Barrio Cera*. Universidad Técnica Particular de Loja. Escuela de Geología y Minas. 2004.

BOWLES Josep E. *Propiedades geofísicas de los suelos*. Ed. Mc Graw Hill, 1982. ISBN: 968-451-118-3

CHARLES F. Park. *Fuentes de recursos de nuestro planeta*. Ediciones S.A. Buenos Aires.

CORNELIS Klein y CORNELIUS S. Hurlbut Jr. *Manual de mineralogía* Vol. 2; Ed. Reverté S.A. España; ISBN: 978-84-291-4607-3

DOMÍNGUEZ JOSÉ MANUEL y SCHIFTER ISAAC. LAS ARCILLAS, EL BARRO NOBLE; La ciencia para todos. http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/109/html/sec_6.html; consultado el 14 de octubre del 2012

DUCHAUFORU P.H. *Manual de Edafología*.

DUQUE Gonzalo. *Manual de Geología para Ingenieros*. Cap. 08 INTEMPERISMO O METEORIZACION.

FITZ Patrick. *Suelos. Su formación, clasificación y distribución*. Compañía Editorial Continental S.A. México. ISBN: 0-582-44188-9

FUENTES Rosalba, MEJÍA Omar, CAUDILLO Bartolo y DE LA ROSA Guadalupe. *Introducción a las pastas y esmaltes cerámicos*. <http://quimica.ugto.mx/revista/9/PASTAS%20Y%20ESMALTES.htm>; consultado 27 de agosto del 2013.

GARCÍA E. y SUAREZ M. *Las arcillas: propiedades y usos*. Universidad de Salamanca. Universidad Complutense

JUAREZ Badillo y RICO Rodríguez. *MECANICA DE SUELOS TOMO 1 Fundamentos de la Mecánica de Suelos*, Ed. LIMUSA S.A. México; ISBN-13: 978-968-18-0069-7

MACAS R. Leonardo F. y MORA J. Luis E. *Caracterización geológica estructural de la Formación San Cayetano dela Hoya de Loja*. Universidad Técnica Particular de Loja. Escuela de Geología y Minas. 2006

MATERIALES MINERALES PILAREADOS: PREPARACION Y PROPIEDADES, Sibebe B. C. Pergher, Avelino Corma y Vicente Fornes; Química Nova. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40421999000500013; consultado 27 de agosto del 2013

MURRAY H.H. *Applied clay mineralogy today and tomorrow*, Department of Geological Sciences, Indiana University, Bloomington, USA. 27 de octubre de 1997.

ROZALÉN A. Marisa. *Mecanismos y velocidad de disolución de montmorillonita en soluciones de electrolitos inertes, influencia del pH y la temperatura*. Universidad de Granada. Departamento de Ciencias de la Tierra y Química Ambiental. Granada. 2004.

OUCHAUFOUR, pH. (1984): *Edafología 1 Edafogénesis y Clasificación*. Ed. Mansson S.A. París, 1984. ISBN: 04-311-0344-2

ANEXOS

ANEXO I. Fichas de campo

ANEXO II. Procedimientos de laboratorio

ANEXO III. Ensayos de laboratorio

ANEXO IV. Registro fotográfico

ANEXO V. Mapas

ANEXO I

FICHAS DE CAMPO

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

Afloramiento 1	Paraíso de Jipiro
Ubicación	700306 E; 9561302 N; 2097 msnm
Tipo de Afloramiento	Artificial
Contexto Geomorfológico	Flanco suroriental del anticlinal Jipiro.
Datos Estructurales	10°N – 90°SE
Formación Geológica	San Cayetano
Estado de Alteración	Media a alta, provocada por la acción de factores climáticos y la ausente cobertura vegetal del talud.



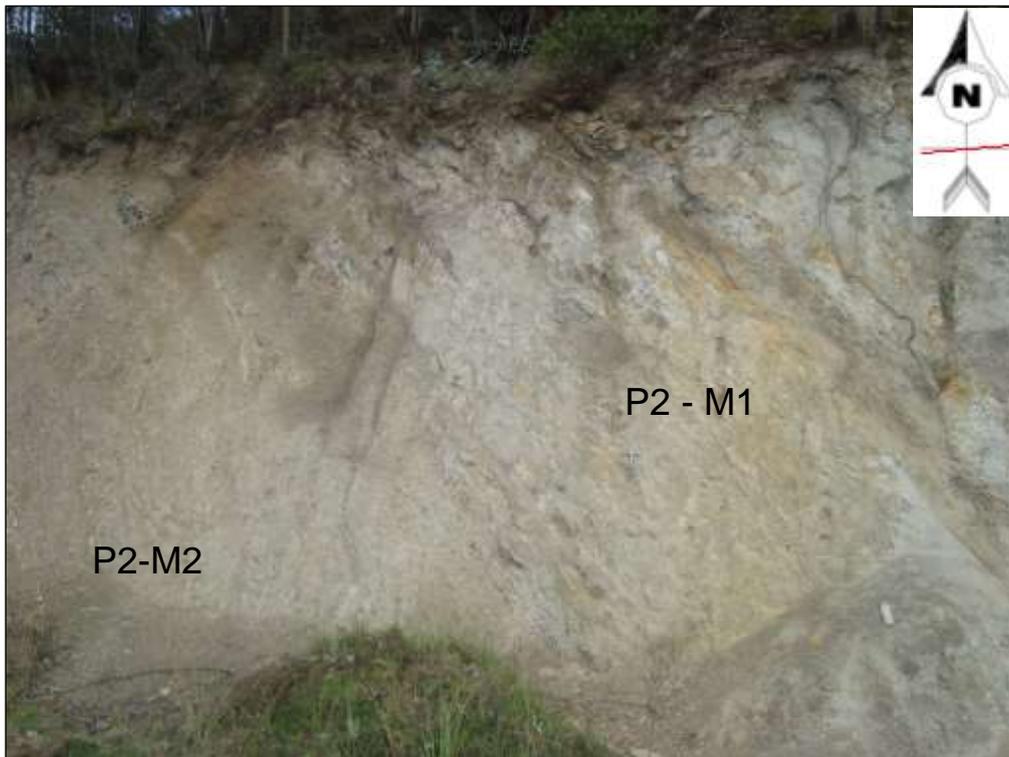
Descripción Litológica

Arcillas grises de alta fisibilidad, presenta azufre entre laminas y capas, además de la presencia de carbonatos. Estas arcillas forman un estrato de ~3 m de potencia. Al estar disgregadas, por la meteorización que le afecta, no se pudo tomar datos estructurales (P1-M1). La permeabilidad es baja debido al grado de meteorización y las discontinuidades por sedimentación que presentan, lo cual también afecta en la plasticidad baja que presentan.

Arcillas compactas color gris, con estratificación en capas de ~10 cm de potencia. Presentan óxidos como relleno de las discontinuidades y un alto contenido en carbonatos. La permeabilidad de estas rocas es media gracias a la compactación y con un grado bajo de plasticidad. Existe, además de los datos estructurales una familia de diaclasas con dirección 264°N - 57°NW (P1-M2).

**CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA FRANJA DE DIRECCION
NW-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA**

Afloramiento 2	Paraíso de Jipiro
Ubicación	700140 E; 9561344 N; 2097 msnm
Tipo de Afloramiento	Artificial
Contexto Geomorfológico	Flanco suroriental del anticlinal Jipiro
Datos Estructurales	173°N – 40°NE
Formación Geológica	San Cayetano
Estado de Alteración	Meteorización superficial ocasionada por factores climáticos



Descripción litológica

Limolitas de color gris, con relleno de óxidos en los planos de estratificación. Se distribuye en capas de entre 0.20 m a 0.50 m de espesor. Conforman un paquete de ~3,5 m de potencia (P2-M1). Son materiales de permeabilidad y plasticidad media.

Arcillas grises fisibles con bajo contenido de azufre entre laminaciones. Fracturadas por los procesos de compresión (P2-M2). Presentan una permeabilidad media con una plasticidad moderada.

**CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA FRANJA DE DIRECCION
NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA**

Afloramiento 3	Control Policial vía Zamora
Ubicación	701746 E; 9558374 N; 2282 msnm
Tipo de Afloramiento	Artificial
Contexto Geomorfológico	Deslizamiento traslacional, se observa el colapso del talud.
Datos Estructurales	168°N – 18°NE
Formación Geológica	San Cayetano
Estado de Alteración	Suelos sueltos que contribuyen a un movimiento en masa. Presencia de surcos.



Descripción Litológica

Arcillas grises (P3 – M1) con escasa presencia de limonita que se ubica en la zona de transición con el suelo orgánico arcilloso. Se trata de capas subhorizontales de continuidad lateral.

El sitio se halla saturado, lo que ha provocado que el talud falle a favor de la pendiente provocando un movimiento en masa.

Son materiales de permeabilidad elevada y que presentan una plasticidad muy buena.

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

Afloramiento 4	Concesión minera Área Los Pinos
Ubicación	701081 E; 9558528 N; 2230 msnm
Tipo de Afloramiento	Cantera de explotación
Contexto Geomorfológico	Implementación de taludes artificiales para la explotación de la cantera.
Datos Estructurales	165°N – 52°NE
Formación Geológica:	San Cayetano
Estado de Alteración	Erosión por surcos



Descripción Litológica

Afloramiento compuesto por una estrato de ~4 m de potencia que, litológicamente se describe como arcillas grises intercaladas con vetas de turba y carbón (P4 – M1).

Esta capa se sobrepone a estratos de arcillas con una coloración naranja debida a la presencia de oxidaciones de hierro (P4 - M2), que se intercalan con limonitas grises (P4 - M3) que contienen lentes de sílice que se presenta con una textura masiva entre la textura granular que lo rodea.

Los estratos presentan una orientación preferencial de 165°N – 52°NE. Los materiales de este afloramiento son permeables y con una plasticidad alta.

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

Afloramiento 5	Barrio Las Palmeras
Ubicación	701006 E; 9558284 N; 2252 msnm
Tipo de Afloramiento	Artificial
Contexto Geomorfológico	Estructura sedimentaria
Datos Estructurales	150°N – 25°NE
Formación Geológica	San Cayetano
Estado de Alteración	Meteorización superficial por factores climáticos, en especial agua.



Descripción litológica:

Arcillas grises con estratos de potencia entre 0.2 m y 0.5 m que se encuentran compuestos por láminas entre cuyas discontinuidades se albergan oxidaciones de hierro. La oxidación es preponderante en la parte superior del afloramiento disminuyendo su ocurrencia hacia la parte inferior.

Son materiales de permeabilidad y plasticidad baja, con un grado de compactación medio. Tienen una baja cantidad de carbonatos.

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

Afloramiento 6	Salapa
Ubicación	693568 E; 9568806 N; 2582 msnm
Tipo de Afloramiento	Cantera de explotación
Contexto Geomorfológico	Relieve montañoso alto, depósito hipergénico de arcillas.
Estado de Alteración	Alteración por la acción de factores antrópicos.
Datos Estructurales	_____
Formación Geológica	Formación Salapa



Descripción Litológica

Depósito que se ha formado como producto de meteorización hipergénica de las rocas volcánicas feldespáticas de la Formación Salapa. Se trata de arcillas caoliníticas que en la parte superior se encuentran afectadas por procesos de oxidación (P6 – M1) que se identifican por la coloración naranja. Este depósito ha sido explotado, dejando aflorante las arcillas sanas (P6 – M2) de color blanco que contienen vetillas de óxidos de hierro.

Son materiales de plasticidad nula, con un peso específico característico y una permeabilidad considerable.

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

Afloramiento 7	Salapa, vía a Cuenca
Ubicación	693827 E; 9566448 N; 2458 msnm
Tipo de Afloramiento	Artificial
Contexto Geomorfológico	Relieve montañoso alto, depósito hipergénico.
Estado de Alteración	Procesos de meteorización causados por la acción del agua debido a la falta de vegetación.
Datos Estructurales	-----
Formación Geológica	Unidad Chiguinda



Descripción litológica:

Depósito de limos y arenas de color café claro que se han generado por la meteorización de las rocas metamórficas de la Unidad Chiguinda. Se encuentran afectados por procesos de oxidación por lo que se produce la aparición de vetillas de limonita, tienen poca cohesión y no presentan una estructura sedimentaria.

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

Afloramiento 8	Virgen Pamba
Ubicación:	698077 E; 9563354 N; 2023 msnm
Tipo de afloramiento:	Artificial
Contexto geomorfológico:	Cuesta estructural
Estado de alteración:	Procesos de meteorización que producen la disgregación de las rocas aflorantes.
Datos estructurales:	190°N – 40°NW
Formación Geológica:	San Cayetano



Descripción litológica:

Lutitas calcáreas de tonalidad café claro ordenadas en estratos que contienen azufre y laminaciones de yeso entre las fisuras. Se hallan afectadas por meteorización física que provocan disgregación y posterior acumulación del material al pie del talud.

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

Afloramiento 9	Amable María
Ubicación:	698952 E; 9563580 N; 2126 msnm
Tipo de afloramiento:	Artificial
Contexto geomorfológico:	Cuesta estructural
Estado de alteración:	Material disgregado por factores climáticos y falta de cobertura vegetal.
Datos estructurales:	146°N – 36°NE
Formación Geológica:	San Cayetano



Descripción litológica:

Afloramiento conformado por limolitas (P9 – M1) color café claro que se presentan en estratos de ~1.5 m de potencia que se superponen a estratos de lutitas calcáreas grises laminadas (P9 – M2) que contienen fauna lacustre fósil.

Estas capas de roca se ven afectadas por procesos tectónicos de plegamiento que provocan el fracturamiento de la roca.

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

Afloramiento 10	Paraíso de Jipiro
Ubicación	700443 E; 9560708 N; 2181 msnm
Tipo de afloramiento	Artificial
Contexto geomorfológico	Cuesta estructural
Estado de alteración	Meteorización física debido a los factores climáticos.
Datos estructurales	213°N – 35°SE
Formación Geológica	San Cayetano



Descripción litológica:

Arcillas grises de alta fisibilidad, presenta limonita entre laminas y capas. Estas arcillas forman un estrato de ~0.7 m de potencia (P10-M1). Contiene gasterópodos fosilizados.

Arcillas compactas color gris azulado conformando un estrato de ~1.5m de potencia. (P10-M2) que se ubica entre los estratos de las arcillas laminadas.

ANEXO II.

PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO

- a. Granulometría
- b. Límites de Attenberg
- c. Peso específico y superficie específica
- d. Preparación de muestras
- e. Difractometría
- f. Fluorescencia

ANEXO II .a

GRANULOMETRÍA

ANEXO II.a.1. ENSAYO

GENERALIDADES:

La granulometría del agregado es la distribución por tamaño de partículas, expresadas en porcentaje del peso total. La misma se determina a través de una serie de tamices apilados, con aberturas que se hacen progresivamente más pequeñas, y el pesaje del material retenido en cada uno de ellos.

El estudio de la distribución granulométrica de los suelos es uno de los métodos de evaluación de los agregados. Dado que la selección de los agregados para el uso en obras civiles en general (y en especial para las obras viales) depende de la disponibilidad, costo y calidad del material, es fundamental determinar la conveniencia de usar un determinado tipo de agregado evaluando su calidad a través de distintos métodos (Resistencia al desgaste, absorción, forma de las partículas, tamaño, granulometría, etc.).

Menores tamaños de suelo, se analizan a través del método del hidrómetro, el cual se basa en la ley de Stokes, y proporciona una relación entre la velocidad de sedimentación de las partículas de suelos en un fluido y el tamaño de las mismas. El rango de aplicación de éste método va desde tamaños menores que 0.2 mm (en tamaños mayores, las turbulencias provocadas por las partículas alteran la ley de sedimentación) pero mayores que 0.2 micras (por debajo de este límite, la partícula se afecta por el movimiento Browniano y no sedimenta).

APARATOS:

- ✓ Serie de mallas (1/4 – 200)
- ✓ Agua
- ✓ Vibrotamices
- ✓ Ultrasonido
- ✓ Soplete de aire
- ✓ Baldes
- ✓ Manguera
- ✓ Estufa
- ✓ Balanza de precisión
- ✓ Mortero

- ✓ Recipientes para secado
- ✓ Fundas plásticas

PROCEDIMIENTO:

Primero se prepara la muestra para el análisis, se deja secar en la estufa por 24 horas a 100° C. Luego se procede a disgregarla mediante la ayuda de un mortero.

Se pesa 250gr de la muestra previamente preparada, esta muestra será objeto del análisis por tanto debe ser representativa del conjunto.

Paso siguiente es preparar la serie de tamices desde la malla 120 hasta la 200, disponerlos en orden y conectar la tapa al abastecimiento del agua. En la base de la serie se ubica la manguera que conducirá los fluidos cargados de lamas al recipiente dispuesto para su recolección.

Una vez armado el equipo se vierte la muestra y se asegura la tapa. Se enciende el vibrotamiz y se deja actuar durante 15min con un flujo de agua constante.

Transcurrido el tiempo indicado, se procede a ubicar el recipiente con las lamas en un lugar adecuado, libre de polvo que las puedan contaminar y que no se encuentre sometido a movimientos. En dependencia del material se dejarán sedimentar entre 48h y 7 días.

El material que queda en las mallas sobre la base, se recoge en un pírrex y se deja secar en la estufa hasta que se encuentre completamente seco, aproximadamente 24h.

Luego se somete a un corte directo en seco, es decir se pasa por la serie completa de los tamices. Primero se pesan los tamices vacíos, seguido se arma el equipo con la base y tapa normal. Se hace vibrar por 15 min.

Luego se pesan los tamices con el material retenido y se registra en la tabla que se muestra en los cálculos.

Finalmente, transcurrido el tiempo necesario para la sedimentación de las lamas se procede a extraer el exceso de agua. Los sedimentos se ubican en un pírex, se dejan secar en la estufa. Finalmente se pesan.

CÁLCULOS:

Peso de la muestra:

$$W_m = W_{m+r} - W_r$$

Porcentaje del peso:

$$W\% = \frac{W_m \times 100}{W_{Tm}}$$

OBSERVACIONES:

1. Lavar bien los tamices antes de usarlos para evitar obturaciones.
2. Al momento de soltar el agua en la máquina de ensayo y serie de tamices se debe tener cuidado de que esta no rebote por los bordes entre tamices, especialmente en los finos.
3. Cuando se recolecta las muestras de cada tamiz en el recipiente para secado tratar de obtener la mayor cantidad de muestra, esto para al final cuadra con los pesos inicial y final.
4. Analizar bajo microscopio las fracciones más pequeñas para así obtener la mineralogía de la muestra.

ANEXO II.a.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

Anexo III.a.1

GRANULOMETRIA

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR :

FECHA :

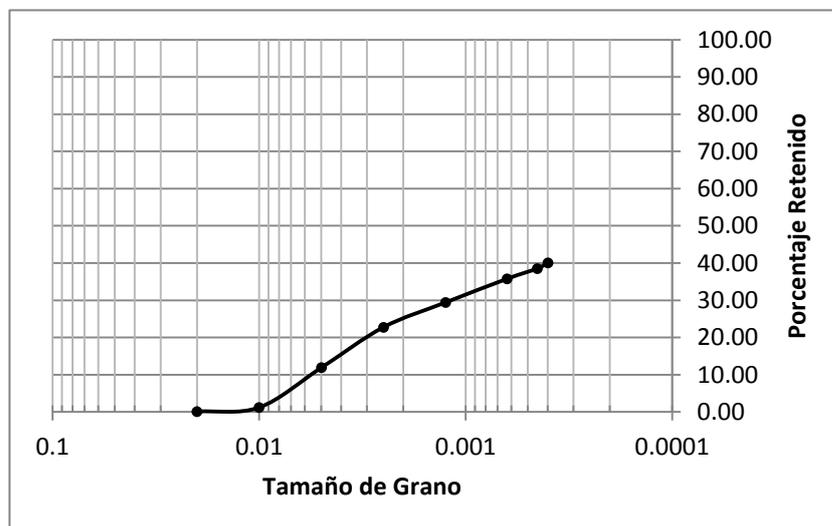
MUESTRA :

W inicial :

Abertura de malla	Nº Malla	Wtamiz	Wtamiz +muestra	Wmuestra	%W	% Retenido acumulado
2000	+10					
1000	+18					
500	+35					
250	+60					
125	+120					
63	+230					
45	+325					
37	+400					
	-400					
	Lamas					
	Suma					

Graba
Arena
Limos y
arcillas

ROCA :



ANEXO II .b.

LIMITES DE ATTENBERG

ANEXO II.b.1 LIMITE LÍQUIDO

GENERALIDADES:

El límite líquido es el contenido de humedad, expresado en porcentaje del peso del suelo seco, existente en un suelo en el límite entre el estado plástico y el estado líquido. Este límite se define como el contenido de humedad necesario para que las dos mitades de una pasta de suelo de 1 cm. de espesor fluyan y se unan en una longitud de 12 mm., en el fondo de la muesca que separa las dos mitades, cuando la cápsula que la contiene golpea 25 veces desde una altura de 1 cm., a la velocidad de 2 golpes por segundo.

APARATOS:

- ✓ Mortero de porcelana o de madera
- ✓ Tamiz de 420 micrones (Nº 40).
- ✓ Cápsula de porcelana o hierro enlozado de 10 a 12 cm. de diámetro.
- ✓ Espátula de acero flexible con hoja de 75 a 80 mm. de largo y 20 mm. de ancho.
- ✓ Aparato de Casagrande
- ✓ Acanalador de bronce o de acero inoxidable
- ✓ Capsulas de vidrio o de aluminio de 40 mm. de diámetro y de 30 mm. de altura.
- ✓ Balanza de precisión con sensibilidad de 1 centigramo.
- ✓ Estufa para secado de muestras, regulable, que asegure temperaturas de 105-110°C.
- ✓ Elementos varios de uso corriente en laboratorio de suelos.

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

El ensayo se realiza sobre la muestra de suelo que pasa la malla Nº 40.

Suelos finos: Si se trata de suelo fino, se toma por cuarteo una porción de 400 a 500 gr. de suelo secado al aire y se lo hace pasar por la malla Nº 40. La porción retenida por este tamiz se coloca en el mortero y se desmenuza con el pisón revestido de goma. Se la tamiza y se repite la operación hasta que pase su totalidad o se evidencie que la parte retenida está constituida por partículas individuales, de tamaño mayor que la abertura del tamiz. Debe tenerse en cuenta que la operación de desmenuzar con el

pisón tiene por finalidad deshacer los grumos de suelos formados naturalmente y no la rotura de partículas de arena. Se reúnen las porciones obtenidas y se mezcla cuidadosamente para obtener un material homogéneo.

Suelos con material granular: Si la muestra contiene material grueso, se separa ésta por tamizado a través de la malla de 2 mm. (Nº 10). Con la parte fina se procede como se indicó en el punto anterior. Si a pesar del desmenuzamiento se observa que queda material fino adherido a las partículas gruesas, éstas se ponen en maceración con la menor cantidad de agua posible y se hace pasar por el tamiz Nº 40. Se recoge el líquido que pasa, el que será evaporado a sequedad, a temperatura no mayor de 50 Cº. El residuo se desmenuza y se incorpora a las fracciones ya obtenidas mezclándose cuidadosamente para obtener un material homogéneo.

CALIBRACIÓN DEL APARATO:

Verificar que el aparato de Casagrande para la determinación del límite líquido esté en buenas condiciones de funcionamiento, que el eje sobre el cual gira la cápsula no esté desgastado hasta el punto de permitir desplazamientos laterales de la misma; que los tornillos que conectan la cápsula al brazo estén apretados y que la superficie de la cápsula no presente excesivo desgaste.

La base, de 50 mm. de espesor, debe ser de ebonita o de madera dura con una placa de ebonita, de no menos de 10 mm. de espesor, firmemente encastrada en la madera. La cápsula debe ser de bronce pulido, y su peso, incluido el engarce y la pestaña, debe ser de 205gr. aproximadamente. El acanalador que acompaña al aparato, debe ser de bronce o de acero inoxidable, con las dimensiones y demás características indicadas.

La calibración mecánica del aparato es una práctica sencilla que no requerirá mayor conocimiento; bastará con el ajuste de la caída de la cápsula en 10mm. con el mango del acanalador, que frecuentemente cuenta con un cubito metálico destinado a tal fin. Se pondrá el excéntrico en su parte superior y ajustar los tornillos designados T.

PROCEDIMIENTO:

Se toman 50 o 60 gr. del material obtenido de acuerdo al punto “preparación de la muestra” y se colocan en una cápsula especificada en “aparatos”.

Se humedece con agua destilada o potable de buena calidad, dejándose reposar por lo menos durante 1 hora.

Posteriormente se continúa agregando agua en pequeñas cantidades, mezclando cuidadosamente con la espátula después de cada agregado, procurando obtener una distribución homogénea de la humedad y teniendo especial cuidado de deshacer todos los grumos que se vayan formando.

Cuando la pasta adquiere una consistencia tal que, al ser dividida en dos porciones, éstas comiencen a fluir cuando se golpea la cápsula contra la palma de la mano; se transfiere una porción de la misma a la cápsula de bronce del aparato, se la amasa bien y se la distribuye de manera que el espesor en el centro sea aproximadamente 1 cm.

Con el acanalador se hace una muesca en forma tal que quede limpio el fondo de la cápsula en un ancho de 2 mm.; la muesca debe seguir una dirección normal al eje de rotación en su punto medio, fig. Nº 3.

Se acciona la manivela a razón de 2 vueltas por segundo, y se cuenta el número de golpes necesarios para que, por fluencia, se cierren los bordes inferiores de la muesca, en una longitud de aproximadamente 12 mm.

Verificar si la unión es por fluencia y no por corrimiento de toda la masa. Para esto se procura separar con la espátula los bordes unidos. Si ha habido corrimiento de toda la masa, la separación se logra fácilmente, quedando limpio el fondo de la cápsula. En cambio sí ha habido fluencia, la espátula mueve únicamente la parte que ataca y el resto queda adherido al fondo de la cápsula.

Se retira la porción de pasta, de peso más o menos 10 gr., de la parte en que se produjo la unión, y se coloca en un pesafiltro previamente tarado. Se pesa y se anota en la planilla. También se anotará el peso del pesafiltro, su número de identificación y el número de golpes requeridos para lograr la unión de la pasta.

Se repiten estas operaciones dos o más veces, con 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.

La pasta colocada en los pesafiltros serán llevadas en estufa hasta lograr el peso constante a una temperatura entre los 105 y 110 C°.

CÁLCULOS:

La humedad porcentual de cada punto se calcula con la fórmula:

$$H = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_f}$$

dónde:

P_1 = peso de la capsula más la porción de pasta de suelo húmedo

P_2 = peso de la capsula más la porción de pasta de suelo seco

P_f = peso de la capsula

Sobre un sistema de coordenadas rectangulares se toma, en abscisas escala logarítmica el número de golpes, y en ordenadas el porcentaje de humedad. Se ubican los puntos obtenidos los que estarán sensiblemente alineados. Se traza la línea recta que mejor ligue a esos puntos y sobre el eje de las ordenadas, 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, Ver fig. N° 4.

OBSERVACIONES:

1. Los mejores resultados se obtienen cuando el número de golpes de los distintos puntos está comprendido entre 20 y 30.
2. Como variante simplificadora que ahorra mucho tiempo y suministra resultados satisfactorios, se podrá utilizar el método de un sólo punto.
3. Para esto se determina un punto como el indicado en el procedimiento de ensayo y se calcula la humedad en porciento, anotando el número de golpes necesarios (N) para el cierre de la muesca, procurando que éste este comprendido entre 20 y 30.
4. Siendo H la humedad en porciento y N el número de golpes necesarios, el valor del Límite Líquido está dado por la fórmula:

$$LL = \frac{H}{1.419 - 0.3(\log N)}$$

Que para mayor comodidad se transcriben los valores del denominador de la expresión anterior, para N comprendido entre 20 y 30.

N	1.419-0.3*log N
20	1.029
21	1.023
22	1.017
23	1.011
24	1.005
25	1.000
26	0.995
27	0.990
28	0.985
29	0.980
30	0.978

ANEXO II.b.2 LIMITE PLÁSTICO

GENERALIDADES:

El límite plástico es el contenido de humedad, expresado en porciento del peso del suelo seco, existente en un suelo en el límite entre el estado plástico y el estado semi-sólido del mismo. Este límite se define arbitrariamente como el más bajo contenido de humedad con el cual el suelo, al ser moldeado en barritas cilíndricas de menor diámetro cada vez, comienza a agrietarse cuando las barritas alcanzan a tener 3 mm. de diámetro.

APARATOS:

- ✓ Mortero de porcelana o de madera con pisón revestido con goma, de medidas corrientes.
- ✓ Tamiz de 420 micrones (Nº 40).
- ✓ Cápsula de porcelana o hierro enlozado de 10 a 12 cm. de diámetro.
- ✓ Espátula de acero flexible con hoja de 75 a 80 mm. de largo y 20 mm. de ancho
- ✓ Vidrio plano de 30 cm. x 30 cm., o un trozo de mármol de las mismas dimensiones.
- ✓ Trozos de alambre galvanizado redondos de 3 mm. de diámetro para ser utilizados como elemento de comparación.
- ✓ Capsulas de vidrio o de aluminio de 40 mm. de diámetro y de 30 mm. de altura.
- ✓ Balanza de precisión con sensibilidad de 1 centigramo.
- ✓ Estufa para secado de muestras, regulable, que asegure temperaturas de 105-110°C.
- ✓ Elementos varios de uso corriente en laboratorio de suelos

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

El ensayo se realiza sobre la muestra de suelo que pasa la malla Nº 40.

Suelos finos: si se trata de suelo fino, se toma por cuarteo una porción de 400 a 500 gr. de suelo secado al aire y se lo hace pasar por la malla Nº 40. La porción retenida por este tamiz se coloca en el mortero y se desmenuza con el pisón revestido de goma. Se la tamiza y se repite la operación hasta que pase su totalidad o se evidencie

que la parte retenida esta constituida por partículas individuales, de tamaño mayor que la abertura del tamiz. Debe tenerse en cuenta que la operación de desmenuzar con el pisón tiene por finalidad deshacer los grumos de suelos formados naturalmente y no la rotura de partículas de arena. Se reúnen las porciones obtenidas y se mezcla cuidadosamente para obtener un material homogéneo.

Suelos con material granular: si la muestra contiene material grueso, se separa ésta por tamizado a través de la malla de 2 mm. (Nº 10). Con la parte fina se procede como se indicó en el punto anterior. Si a pesar del desmenuzado se observa que queda material fino adherido a las partículas gruesas, éstas se ponen en maceración con la menor cantidad de agua posible y se hace pasar por el tamiz Nº 40. Se recoge el líquido que pasa, el que será evaporado a sequedad, a temperatura no mayor de 50 Cº. El residuo se desmenuza y se incorpora a las fracciones ya obtenidas mezclándose cuidadosamente para obtener un material homogéneo.

PROCEDIMIENTO:

Se toman 15 o 20 grs. del material obtenido de acuerdo al punto “preparación de la muestra” y se colocan en una cápsula especificada en “aparatos”.

Se humedece con agua destilada o potable de buena calidad, dejándose reposar por lo menos durante 1 hora.

Posteriormente se continúa agregando agua en pequeñas cantidades, mezclando cuidadosamente con la espátula después de cada agregado, procurando obtener una distribución homogénea de la humedad y teniendo especial cuidado de deshacer todos los grumos que se vayan formando.

Se continúa el mezclado hasta obtener que la pasta presente una consistencia plástica que permita moldear pequeñas esferas sin adherirse a las manos del operador.

Una porción de la parte así preparada se hace rodar con la palma de la mano sobre la lámina de vidrio, dándole la forma de pequeños cilindros.

La presión aplicada para hacer rodar la pasta debe ser suficiente para obtener que las barritas cilíndricas mantengan un diámetro uniforme en toda su longitud.

La velocidad con que se manipula a la pasta haciéndola rodar debe ser tal de obtener de 60 a 70 impulsos por minuto, entendiendo como un impulso un movimiento completo de la mano hacia adelante y atrás.

Si el diámetro de los cilindros es menor de 3 mm. y no presentan fisuras o signos de desmenuzamiento, se unen los trozos y se amasan nuevamente tantas veces como sea necesario. La operación también se repite si las barritas cilíndricas se fisuran y agrietan antes de llegar al diámetro 3 mm. En este caso se reúnen los trozos y se amasan nuevamente con el agregado de agua hasta lograr la completa uniformidad.

El ensayo se da por finalizado cuando las barritas cilíndricas comienzan a fisurarse y agrietarse al alcanzar los 3 mm. de diámetro, punto que resulta fácil de establecer comparándolas con los trozos de alambre.

Las barritas cilíndricas colocadas en las cápsulas serán llevadas en estufa hasta lograr el peso constante a una temperatura entre los 105 y 110 C°.

CÁLCULOS:

La humedad porcentual correspondiente al Límite Plástico de un suelo se calcula con la fórmula:

$$LP = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_f}$$

dónde:

P_1 = peso de la cápsula más la porción de pasta de suelo húmedo

P_2 = peso de la cápsula más la porción de pasta de suelo seco

P_f = peso de la cápsula

Índice de Plasticidad: El índice de plasticidad de un suelo es la diferencia numérica entre los valores del límite líquido y el límite plástico del mismo. Es decir:

$$I_p = LL - LP$$

OBSERVACIONES:

1. Si el suelo presenta características de plasticidad bien definidas, se amasa el suelo con un contenido de humedad que satisfaga las condiciones establecidas en el ensayo de límite plástico y se ejecuta éste. Luego se agrega más agua a la pasta restante en la cápsula y se realiza el ensayo de límite líquido.
2. Si el suelo tiene poca plasticidad, se realiza primeramente el ensayo de límite líquido y de inmediato con la pasta restante se ejecuta el ensayo de límite plástico.
3. Si el suelo no tiene plasticidad pero si límite líquido, se determina éste y se indica $I_p = 0$. Este caso se presenta cuando al intentar formar la barrita cilíndrica, ésta se rompe antes de alcanzar el diámetro de 3 mm.

Si el suelo no tiene plasticidad ni tampoco puede determinarse el valor de límite líquido, se indica entonces sin límite líquido, NP.

ANEXO II.b.3. LIMITE DE RETRACCIÓN

GENERALIDADES:

El límite de retracción se manifiesta cuando una pérdida de humedad no trae aparejado un cambio de volumen. Es el contenido de humedad entre los estados de consistencia semisólido y sólido.

APARATOS:

- ✓ Dos cápsulas de vidrio de distintos tamaños.
- ✓ Mercurio, un volumen igual o mayor al de la cápsula menor.
- ✓ Una placa de vidrio con tres patas.
- ✓ Una cápsula de acero de 25 mm. de diámetro por 7 mm. de altura aproximadamente.
- ✓ Una balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- ✓ Un horno de temperatura constante, comprendida entre 105° y 110° C.
- ✓ Cápsulas de porcelanas.
- ✓ Espátulas.

PROCEDIMIENTO:

Con unos 50g. de suelo (que pase el tamiz 40) preparar una pasta uniforme con un contenido de humedad cercano al límite líquido.

Llenar la cápsula de acero, previamente aceitada interiormente, con el suelo cuidando de no dejar aire entrampado en la muestra; darle con la cápsula continuados golpecitos sobre una superficie dura para que las burbujas de aire suban a la superficie.

Registrar el peso de la cápsula con el suelo dentro; restando el peso de la cápsula que tendrá W_1

Dejar secar al aire el conjunto durante un día aproximadamente, luego llevar la cápsula al horno y dejar secar hasta peso constante; en ese estado registrar el peso que nos permitirá obtener W_s

Determinar el volumen de la pastilla de suelo seco. Para ello, llenar de mercurio la cápsula de vidrio más chica y enrasar con el vidrio de tres patas; luego introducir la pastilla en el mercurio con la ayuda del mismo vidrio que sirvió para enrasarla y recoger lo que desborde en la cápsula más grande. Pesar el volumen y se podrá obtener V_2 .

Pesar y determinar el volumen, por inmersión en mercurio, de la cápsula de acero. Para determinar el volumen llenar la cápsula con mercurio y enrasar cuidadosamente con un vidrio; pasar luego el mercurio y dividir por su peso específico (13,56 g/cm³) se tiene así V_1 .

CALCULOS:

Para determinar el límite de contracción de la muestra se emplea la siguiente fórmula:

$$LC = 100\% \frac{W_1 - W_s - (V_1 - V_2)\gamma_w}{W_s}$$

dónde:

W_1 = Peso del suelo húmedo

W_2 = Peso del suelo seco

V_1 = Volumen de la cápsula

V_2 = Volumen de la muestra seca

OBSERVACIONES:

1. En las arenas, el Límite de Retracción se halla muy próximo al Limite Liquido, y en suelos de arena arcillosa, dependiendo del contenido de arcilla y de limo, el Límite de Retracción puede ser del orden del 12 al 20%.
2. En las arcillas, el Limite de Retracción alcanza generalmente valores entre el 5y el 10%. En estos suelos la capacidad portante se incrementa medida que disminuye el porcentaje de humedad.
3. En las arenas confinadas, la capacidad portante es general - mente alta, aún con porcentajes considerables de agua contenida.

ANEXO II.b.4. TABLA DE PRESENTACIÓN DE DATOS



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.b.1

LIMITES DE ATTEBERG

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre - 2012

MUESTRA : P1 - M1

LIMITE LIQUIDO

GOPEs	W _H	W _s	W _{cap}	%W
RESULTADO				

LIMITE PLASTICO

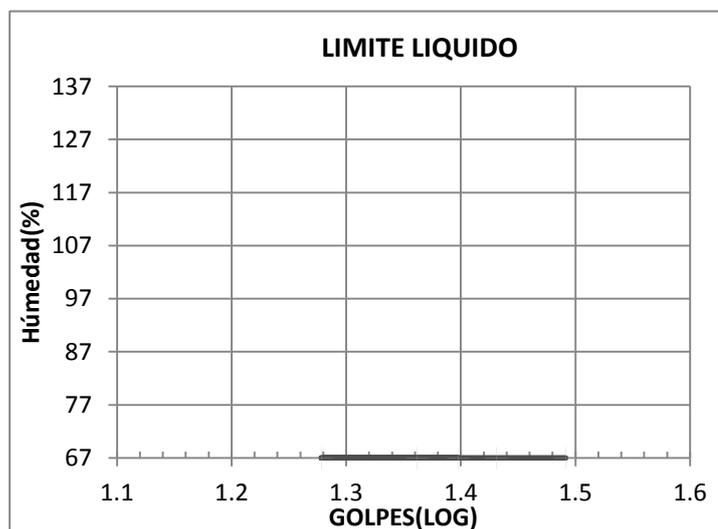
W _H	W _s	W _{cap}	%W	RESULTADO

LIMITE DE RETRACCION

W _H	W _s	W _{cap}	%W	V _{cap}	V _s	RESULTADO

IP :

IR :



ANEXO II .c

PESO ESPECÍFICO Y SUPERFICIE ESPECÍFICA

ANEXO II.c.1. MÉTODO DEL PICNÓMETRO

GENERALIDADES:

Un picnómetro es un recipiente calibrado, con el que se puede pesar un volumen de líquido con mucha precisión. Por comparación entre la masa del picnómetro lleno de agua destilada -de la que se conoce con gran precisión su densidad a la temperatura de la experiencia- y la masa del picnómetro lleno con un líquido problema se puede calcular la densidad de éste último.

Para el caso de la densidad de un sólido -cuyo tamaño ha de ser adecuado a las dimensiones del picnómetro- pesando el picnómetro con el sólido y rellenando con agua destilada podemos obtener el volumen del sólido si además hemos calculado el volumen del picnómetro. Por otra parte, una vez obtenida la masa del sólido podemos calcular su densidad.

APARATOS:

- ✓ Picnómetro.
- ✓ Balanza analítica $\pm 0,0001$ g
- ✓ Muestras problema.
- ✓ Papel de filtro.

PROCEDIMIENTO:

Pesar el picnómetro vacío convenientemente limpio y seco junto con su tapón. (P_1)

Se pone la muestra de sólido problema dentro del picnómetro y se vuelve a pesar (P_2)

Se rellena el picnómetro con agua destilada. Se pone el tapón se enrasa se seca y se pesa. (P_4)

A continuación se hace una nueva pesada del picnómetro pero esta vez lleno únicamente con agua destilada y convenientemente seco. (P_3)

CÁLCULOS:

$$P_e = \frac{P_2 - P_1}{(P_3 - P_1) - (P_4 - P_2)}$$

dónde:

P_1 = Peso del picnómetro vacío

P_2 = Peso del picnómetro más muestra

P_3 = Peso del picnómetro más agua destilada

P_4 = Peso del picnómetro más muestra más agua destilada

OBSERVACIONES:

1. La densidad de partículas de un árido (polvo, por ejemplo), difícil de determinarse con el simple método de pesar, puede obtenerse con el picnómetro.
2. El procedimiento debe realizarse con el mayor cuidado posible
3. Se debe tener cuidado de secar muy bien los instrumentos antes de pesar.

ANEXO II.c.2. ABSORCIÓN DE AZUL DE METILENO

GENERALIDADES:

Este ensayo tiene por objeto determinar el valor de azul de metileno de la fracción granulométrica 0.2 mm de los áridos finos o de la mezcla total de los áridos. Se fundamenta en la adición de pequeñas dosis de disolución de azul de metileno a una suspensión de la muestra de ensayo en agua, comprobando la absorción de colorante por parte de la muestra y realizando una prueba de coloración sobre papel de filtro.

APARATOS:

- ✓ Azul de metileno
- ✓ Agua destilada o desmineralizada
- ✓ Bureta de 50 ml (mínimo)
- ✓ Papel de filtro de tamaño de y \varnothing 125 mm
- ✓ Varilla de vidrio de \varnothing 8 mm
- ✓ Agitador de paletas con velocidad regulable
- ✓ Balanza de 0,2 g de precisión mínima
- ✓ Cronómetro
- ✓ Tamiz ensayo (2 mm)
- ✓ Vaso de precipitados de 2 litros y de 250ml
- ✓ Probeta graduada de 500 ml
- ✓ Estufa ventilada a $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$
- ✓ Bandejas y cepillos

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA:

Este método se aplica a la fracción granulométrica de 0.2 mm de los áridos finos o de la mezcla total de los áridos.

EJECUCIÓN DEL ENSAYO

Preparación de la muestra de ensayo

Una vez seca la muestra (en estufa hasta masa constante), pasarla por el tamiz de 2 mm, rechazando lo que quede por encima, obteniendo una masa superior a 200 g

Pesar la submuestra y anotar su masa, redondeada al gramo más próximo (M), conservándola en el desecador.

Preparación de la solución colorante

Añadir ($10 \pm 0,1$) gramos en un litro de agua destilada o desmineralizada. La solución, una vez preparada, deberá conservarse protegida de la luz y emplearse antes de los 28 días.

Determinación del azul de metileno

1. Colocar un filtro de papel sin cenizas de tamaño de poro de $8\mu\text{m}$ sobre el vaso de precipitados posicionado boca arriba
2. Introducir en el vaso de precipitados de 2 litros un volumen de (500 ± 5) ml de agua destilada o desmineralizada. Después, introducir la muestra ya pesada de árido (> 200 gramos), conservada en el desecador.
3. Agitar la solución colorante y llenar la bureta de 50 ml.
4. Posicionar la base de las paletas del agitador a 1 cm por encima del fondo del vaso. Se pone en marcha el agitador a una velocidad de agitación de (600 ± 60) rpm, y se mantiene durante 5 minutos.
5. Transcurrido dicho período de tiempo, se reduce la velocidad a (400 ± 40) rpm hasta la terminación del ensayo.
6. Se añaden 5 ml de solución colorante con la bureta, contando 1 min. de tiempo. Transcurrido el minuto se realiza la prueba de coloración, consistente en coger una gota del fondo del vaso de 2 l con la varilla de vidrio y depositarla en el filtro. La prueba de coloración puede dar como resultado una mancha azul oscuro sobre el papel de filtro, rodeada de una aureola incolora. Si ello ocurre, entonces se vuelven a añadir otros 5 ml de solución y se realiza otra prueba, contando otro minuto de tiempo desde dicha adición.
7. El apartado 6 se repite tantas veces como sea necesario hasta que aparezca sobre el papel de filtro una aureola alrededor de la mancha con un tonalidad azul

más claro y un espesor de aproximadamente 1 milímetro. A partir de ese momento se hace referencia al tiempo de la última adición de solución colorante como tiempo cero. Por tanto, la aparición de la aureola color azul claro ha tenido lugar en el primer minuto.

8. El ensayo se da por finalizado si la aureola permanece durante 5 minutos, es decir, si en el segundo, tercero, cuarto y quinto minuto desde la última adición de solución colorante continúa apareciendo la aureola azul claro con un espesor de 1 mm aproximadamente. Para ello, en el minuto 2 se efectúa una segunda prueba de coloración, en el minuto 3 se efectúa una tercera prueba, etc.
9. Puede ocurrir que la aureola desaparezca al efectuar la segunda, tercera o cuarta prueba de coloración (minutos 2, 3 ó 4). En ese caso, es necesario volver a adicionar otros 5 ml, reiniciando la sistemática de ensayo desde el apartado 7.
10. Si la aureola aparece en la cuarta prueba pero desaparece en la quinta y última, entonces es necesario reiniciar la sistemática de ensayo desde el apartado 7, pero con la salvedad de que se añaden 2 ml en lugar de 5 ml, puesto que si la aureola ha permanecido durante 4 min. se debe a que el árido se encuentra casi en condiciones de saturación por absorción de solución colorante.
11. El ensayo se da por finalizado si la prueba de coloración muestra una aureola de color azul más claro de aproximadamente 1 mm de espesor durante los 5 minutos posteriores a la última adición de solución colorante, habiendo efectuado su comprobación en cada unidad de tiempo. Se anota el volumen de colorante añadido (V1).

Muestras con bajo contenido en finos

Si la muestra de ensayo no contiene finos suficientes para formar la aureola, se debería añadir caolinita, para lo que es necesario conocer el volumen de solución colorante requerido para saturar a la misma, operando del siguiente modo:

- ✓ Añadir al vaso ($30 \pm 0,1$) g de caolinita previamente secada, en lugar de la muestra de árido.
- ✓ Determinar el volumen de azul absorbido por la misma según el apartado c.

- ✓ Reiniciar el ensayo con la cantidad de caolinita empleada y el árido objeto de ensayo.
- ✓ Determinar el valor de azul de metileno empleando la segunda expresión indicada en el siguiente apartado.

CÁLCULO:

El valor de azul de metileno, MBI (Methylene Blue), se expresa en gramos de colorante por kilogramo de la fracción granulométrica 0.2 mm. Se calcula con la siguiente expresión:

$$MBI = \frac{V_{AM}}{W_{SS}} \times 10$$

$$SE = MBI \times 7.4803$$

OBSERVACIONES:

1. Tomar en cuenta que el papel filtro debe ser de las especificaciones dadas
2. Preparar de una manera adecuada la disolución de azul de metileno
3. Agitar de una manera constante.
4. Asegurarse de realizar el ensayo en la fracción de suelo especificada por la norma.

ANEXO II.c.3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA *La Universidad Católica de Loja*

Anexo III.c.1

PESO ESPECIFICO SUPERFICIE ESPECIFICA

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR :

FECHA :

MUESTRA :

PESO ESPECIFICO

WPic.	WPic.+S.S.	WPic. + H ₂ O + S.H.	WPic.+H ₂ O	ρ gr/cm ³
RESULTADO				

SUPERFICIE ESPECIFICA

Ws.s.	AM	MBI	CEC	Se

ANEXO II .e.

PREPARACIÓN DE MUESTRAS

ANEXO II.e.1. DISGREGACIÓN MECÁNICA

GENERALIDADES:

La disgregación mecánica de las rocas consiste en descomponer la muestra a fragmentos cada vez más pequeños que conservan cada uno las características del material original; el resultado final son muchos fragmentos pequeños procedentes de uno grande.

APARATOS:

- ✓ Un horno de temperatura constante.
- ✓ Recipientes
- ✓ Espátulas.
- ✓ Rodillo de acero
- ✓ Fundas para muestra

PROCEDIMIENTO:

Se pesa 1000gr, aproximadamente, del material natural para colocarlo en un recipiente que se lleva al horno a una temperatura constante de 50 °C.

Una vez seca la muestra se procede a disgregar mediante presión mecánica ejercida con la ayuda del rodillo de acero sobre una superficie plana. La presión debe ser la suficiente para disgregar la muestra sin llegar a alterar su granulometría natural.

Luego de dispersar los clastos se separa los 250gr, aproximadamente, que serán objeto del análisis granulométrico.

El resto de la muestra disgregada se tamiza en la malla #4, el pasante será para realizar los ensayos de límite líquido, límite plástico, límite de retracción, absorción de azul de metileno y el análisis de gravedad específica.

ANEXO II.e.2. LIMPIEZA DE LAS MUESTRAS

GENERALIDADES:

El proceso de limpieza de las muestras consiste en eliminar, del material a analizar, las impurezas que constituyen la materia orgánica y dispersar agregados cristalinos cementados por el carbonato de calcio y los sulfatos.

APARATOS:

- ✓ Vasos de precipitación de 400ml, 600ml y 1000ml
- ✓ Pipetas de 5ml, 10ml y 20 ml.
- ✓ Varillas agitadoras
- ✓ Malla de 200 μ m
- ✓ Agua destilada
- ✓ Ácido clorhídrico al 10%
- ✓ Nitrato de plata
- ✓ Agua destilada
- ✓ Balanza
- ✓ Estufa de temperatura constante

PREPARACION DE LA MUESTRA:

Separar 200gr de muestra natural, tamizar en la malla de 200 μ m con la ayuda de agua destilada. El pasante dejar sedimentar por unas 8 horas y eliminar el exceso de agua. Secar la muestra en el horno a una temperatura constante de 50 °C.

ELIMINACION DE MATERIA ORGÁNICA:

Pesar 60gr de la muestra seca y ubicar en un vaso de precipitación

Agregar 40ml de agua destilada y 30ml de agua oxigenada

Agitar con una varilla de vidrio y observar la reacción.

Pasado un periodo de 3min se agregan 10ml más de agua oxigenada, si la reacción efervescente continua, se espera un periodo de 3min más y se agrega otros 10ml de agua oxigena.

El proceso continúa hasta que no produzca reacción al agregar el reactivo, así sabremos que se ha consumido toda la materia orgánica del material.

Lavamos la muestra con abundante agua destilada, esperamos que sedimente para eliminar el exceso de agua.

Llevamos a la estufa para secar a una temperatura no mayor de 50 °C

ELIMINACION DE CARBONATOS:

Extraemos la muestra seca de la estufa, y ya sin materia orgánica.

Agregar 40ml de agua destilada y 30ml de ácido clorhídrico diluido al 10%

Agitar con una varilla de vidrio y observar la reacción.

Pasado un periodo de 3min se agregan 5ml más de reactivo y agitamos, si la reacción efervescente continua, se espera un periodo de 3min más y se agregan 5ml de ácido clorhídrico.

El proceso continúa hasta que no produzca reacción al agregar el reactivo, así sabremos que se han consumido los carbonatos.

Lavamos la muestra con abundante agua destilada, esperamos que sedimente para eliminar el exceso de agua.

Llevamos a la estufa para secar a una temperatura no mayor de 50 °C

ELIMINACION DE SULFATOS:

Si sospechamos que las muestras contienen sulfatos, sometemos la muestra al ataque con nitrato de plata.

Se sigue el mismo procedimiento que en los casos anteriores, pero ahora usando nitrato de plata.

ALMACENAMIENTO DE LA MUESTRA:

Ya que la muestra ha sido atacada con los tres reactivos y está completamente seca, se la retira de los vasos de precipitación y se la ubica en bolsas para muestras debidamente etiquetadas.

ANEXO II .e.

DIFRACTOMETRÍA

GENERALIDADES:

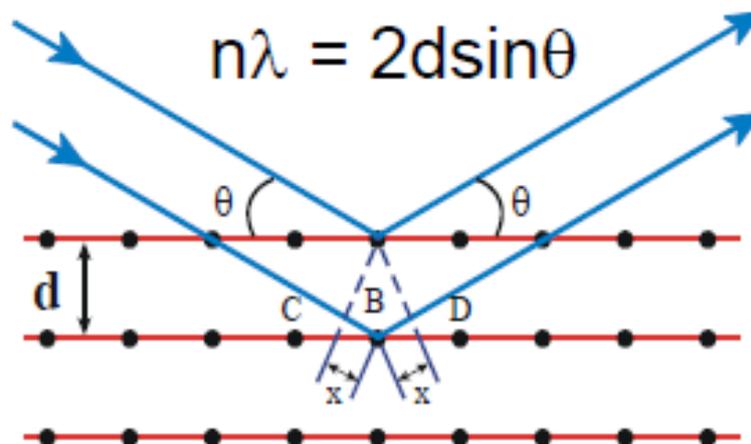
Difracción de rayos X es una de las técnicas más importantes para caracterización de materiales. Se emplea en mineralogía, química del estado sólido y ciencia de los materiales.

Los difractogramas son “huellas dactilares” de las estructuras cristalinas, se utilizan para determinar la composición de materiales cristalinos.

- XRD se emplea en tres áreas principales:
 - Análisis cualitativos de materiales cristalinos.
 - Análisis cuantitativo de fases en muestras en polvo cristalinas.
 - Determinación de la estructura de los cristales.

¿Cómo se produce la difracción?

Rayos X mono-cromáticos (λ) enfocados en una muestra poli-cristalina tendrán una interferencia constructiva característica del espaciamiento interplanar (d) a ciertos ángulos de incidencia (θ). Este fenómeno ha sido descrito por la ley de Bragg:



Información de los difractogramas

- ✓ Posiciones de pico/ Valores d : reflejan los parámetros de la celda unitaria.
- ✓ Intensidad del pico reflejan los átomos/moléculas densidad electrónica.

- ✓ Forma del pico: tamaño de las estructuras cristalinas, orden / desorden de las redes cristalinas solapamiento de picos.

APARATOS:

- ✓ Estufa de temperatura constante.
- ✓ Difractómetro
- ✓ Capsulas de difracción
- ✓ Espátulas
- ✓ Mortero de ágata
- ✓ Alcohol

PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS:

Se pesan 10gr de material a analizar al cual ya se ha eliminado previamente la materia orgánica y carbonatos mediante el procedimiento de limpieza de las muestras. (Anexo II.d.2).

PROCEDIMIENTO:

Disgregar la muestra usando el mortero de ágata

Con la espátula poner la muestra dentro de la capsula de difracción de una manera uniforme y bien compactada

Luego ubicar la cápsula dentro del difractómetro previamente configurado con las condiciones de uso del análisis que se requiere.

Cerrar el bunker y esperar que los datos se registren en la computadora, este proceso dura entre 3min.

Luego de que el equipo termina el procedimiento se retira la muestra y se limpian los instrumentos con ayuda de alcohol y una pisceta.

ANEXO II .f.

FLUORESCENCIA

GENERALIDADES:

La fluorescencia de rayos X consiste en emisión de rayos X secundarios (o fluorescentes) característicos de un material que ha sido excitado al ser «bombardeado» con rayos X de alta energía o rayos gama. Este fenómeno es muy utilizado para análisis elemental y análisis químico.

Detección y análisis: En análisis de energía dispersiva, la dispersión y la detección se realizan en una sola operación. Se usan contadores proporcionales o varios tipos de detectores de estado sólido: diodos PIN, Si(Li), Ge(Li) y detectores de deriva de silicio (SDD). Comparten el mismo principio de detección: un fotón de rayos X incidente ioniza cuantiosos átomos del detector. La cantidad de carga generada es proporcional a la energía del fotón incidente.

Luego esta carga se colecta y el proceso se repite en el fotón siguiente. Obviamente, la velocidad del detector es crítica. Como todos los portadores de carga medidos, para cuantificar correctamente la energía del fotón debe provenir del mismo fotón (se usa discriminación de longitud pico para eliminar posibles eventos generados por dos fotones de rayos X de incidencia casi simultánea). Luego se construye el espectro dividiendo su energía en compartimientos discretos y contando los pulsos registrados dentro de cada compartimiento de energía.

Los tipos de detectores de espectroscopia de rayos X dispersivos de longitud de onda varían en resolución, velocidad y medios de enfriamiento (en los detectores de estado sólido es crítico un bajo número de portadores de carga): los contadores proporcionales con resoluciones de varios cientos de eV (electronvoltios) funcionan en el extremo bajo del desempeño del espectro. Los detectores de diodos PIN operan en el rango intermedio. Los de Si(Li), Ge(Li) y SDD ocupan el extremo alto de la escala de desempeño.

En análisis dispersivo de longitud de onda, la radiación de la sola longitud de onda generada por el monocromador pasa al interior de un fotomultiplicador: detector similar a un contador Geiger, que cuenta fotones individuales a medida que lo atraviesan. El contador es una cámara que contiene un gas ionizado por fotones de rayos X. Un electrodo central se carga a (típicamente) +1 700 V con respecto a las paredes de la cámara conductora, y cada fotón provoca una cascada semejante a pulsos de

corriente a través del campo. La señal se amplifica y transforma dentro de una cuenta digital acumulativa. Luego estas cuentas se procesan para obtener datos analíticos.

APARATOS:

- ✓ Estufa
- ✓ Pulverizadora
- ✓ Equipo de rayos X SIEMENS SRS 3000 (Empresa Cemento Chimborazo)
- ✓ Mortero de ágata

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Se pesan 10gr de material a analizar al cual ya se ha eliminado previamente la materia orgánica y carbonatos mediante el procedimiento de limpieza de las muestras. (Anexo II.d.2).

PROCEDIMIENTO:

Secar las muestras con una T máxima de 50°C

Triturar las muestras utilizando un mortero de ágata

Llevar la muestra a la pulverizadora.

Prensar la muestra y preparar una pastilla para introducir en el equipo de fluorescencia de rayos X.

ANEXO III. ENSAYOS DE LABORATORIO

- a. Granulometría
- b. Límites de Attenberg
- c. Peso específico y superficie específica
- d. Resumen de resultados
- e. Difractometría
- f. Fluorescencia

ANEXO III. a.

GRANULOMETRÍA



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.a.1

GRANULOMETRIA

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre – 2012

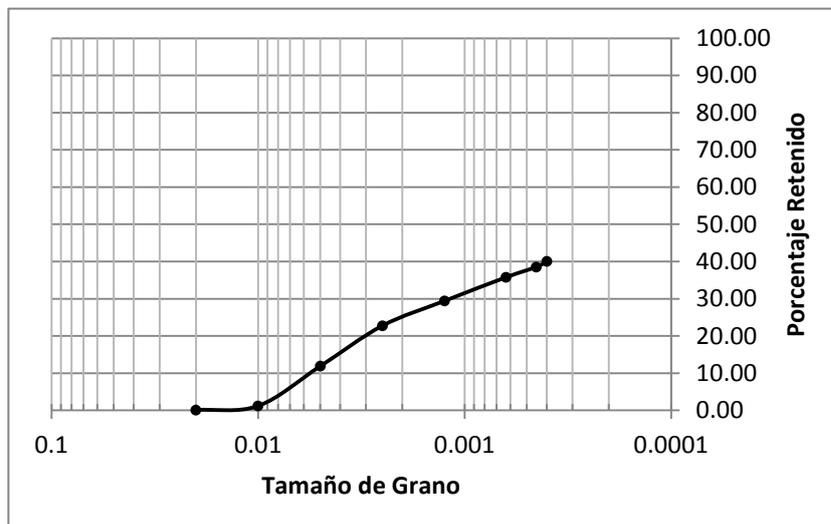
MUESTRA : P1 - M1

W inicial : 254.78

Abertura de malla	Nº Malla	Wtamiz	Wtamiz +muestra	Wmuestra	%W	% Retenido acumulado
2000	+10	317.00	317.22	0.22	0.09	0.09
1000	+18	290.40	293.07	2.67	1.10	1.19
500	+35	255.05	280.99	25.94	10.68	11.87
250	+60	225.51	251.93	26.42	10.88	22.75
125	+120	217.52	233.69	16.17	6.66	29.41
63	+230	231.57	247.00	15.43	6.35	35.76
45	+325	202.27	208.96	6.69	2.75	38.52
37	+400	390.38	393.99	3.61	1.49	40.00
	-400	181.00	182.41	1.41	0.58	40.58
	Lamas	1518.40	1662.70	144.30	59.42	100.00
	Suma			242.86		

Graba 0.09 %
 Arena 35.67 %
 Limos y arcillas 64.24 %

ROCA : Lutita





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

Anexo III.a.2

GRANULOMETRIA

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre – 2012

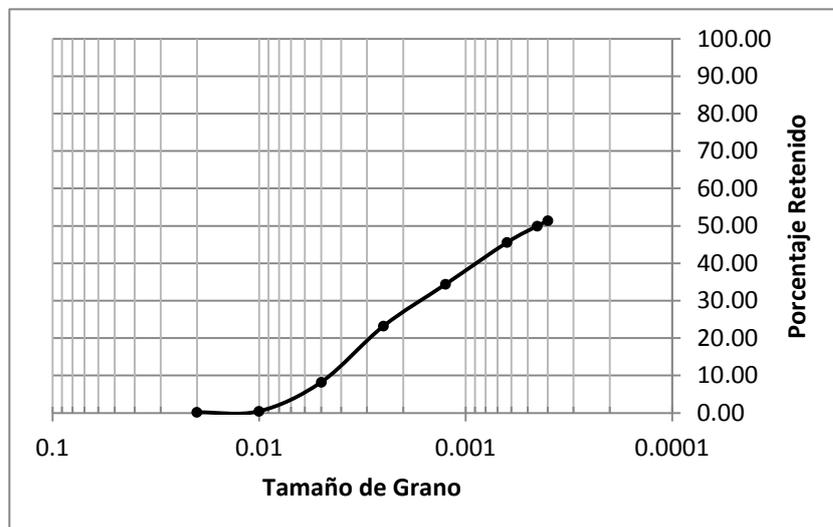
MUESTRA : P1 - M2

W inicial : 254,60

Abertura de malla	Nº Malla	Wtamiz	Wtamiz +muestra	Wmuestra	%W	% Retenido acumulado
2000	+10	317.00	317.44	0.44	0.17	0.17
1000	+18	290.40	291.11	0.71	0.28	0.46
500	+35	255.06	274.61	19.55	7.78	8.23
250	+60	225.49	263.14	37.65	14.97	23.21
125	+120	219.88	247.99	28.11	11.18	34.39
63	+230	233.32	261.42	28.10	11.18	45.56
45	+325	201.08	212.08	11.00	4.37	49.94
37	+400	391.25	394.86	3.61	1.44	51.37
	-400	181.00	181.92	0.92	0.37	51.74
	Lamas	1528.15	1649.50	121.35	48.26	100.00
	Suma			251.44		

Graba 0.17 %
 Arena 45.39 %
 Limos y 54.44 %
 arcillas

ROCA : Limolita





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

Anexo III.a.3

GRANULOMETRIA

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre – 2012

MUESTRA : P2 - M1

W inicial : 278.55

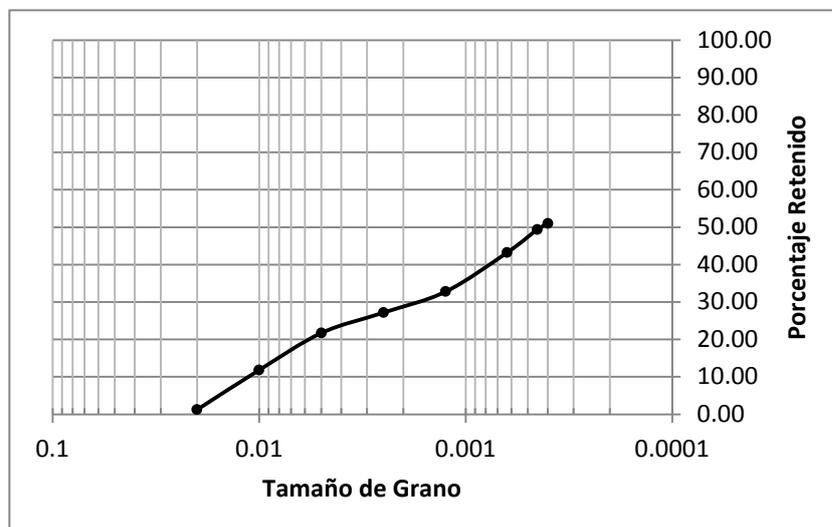
Abertura de malla	Nº Malla	Wtamiz	Wtamiz +muestra	Wmuestra	%W	% Retenido acumulado
2000	+10	317.26	320.58	3.32	1.20	1.20
1000	+18	288.46	317.80	29.34	10.61	11.81
500	+35	254.93	282.31	27.38	9.90	21.71
250	+60	226.38	241.44	15.06	5.45	27.16
125	+120	220.50	235.99	15.49	5.60	32.76
63	+230	235.06	263.94	28.88	10.44	43.20
45	+325	203.93	220.95	17.02	6.16	49.36
37	+400	390.74	395.20	4.46	1.61	50.97
	-400	181.00	183.18	2.18	0.79	51.76
	Lamas	1528.15	1661.54	133.39	48.24	100.00
	Suma			276.52		

Graba 1.20 %

Arena 42.00 %

Limos y arcillas 56.80 %

ROCA : Lodolita





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

Anexo III.a.4

GRANULOMETRIA

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre – 2012

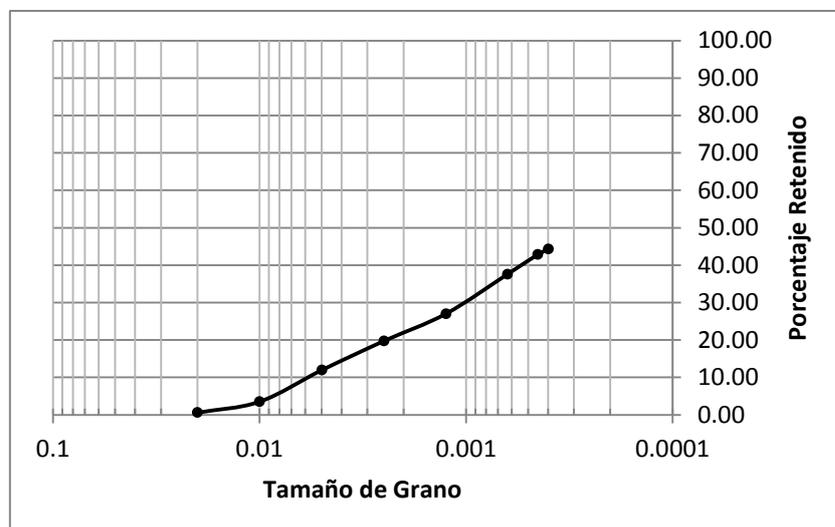
MUESTRA : P2 - M2

W inicial : 260.59

Abertura de malla	Nº Malla	Wtamiz	Wtamiz +muestra	Wmuestra	%W	% Retenido acumulado
2000	+10	317.51	318.95	1.44	0.57	0.57
1000	+18	288.40	295.81	7.41	2.92	3.49
500	+35	254.86	276.28	21.42	8.44	11.93
250	+60	226.32	246.08	19.76	7.78	19.71
125	+120	220.25	238.77	18.52	7.30	27.01
63	+230	234.79	261.60	26.81	10.56	37.57
45	+325	202.84	216.11	13.27	5.23	42.80
37	+400	391.53	395.21	3.68	1.45	44.25
	-400	181.00	183.22	2.22	0.87	45.12
	Lamas	1518.40	1657.70	139.30	54.88	100.00
	Suma			253.83		

Graba 0.57 %
 Arena 37.00 %
 Limos y 62.43 %
 arcillas

ROCA : Lodolita





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.a.5

GRANULOMETRIA

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre – 2012

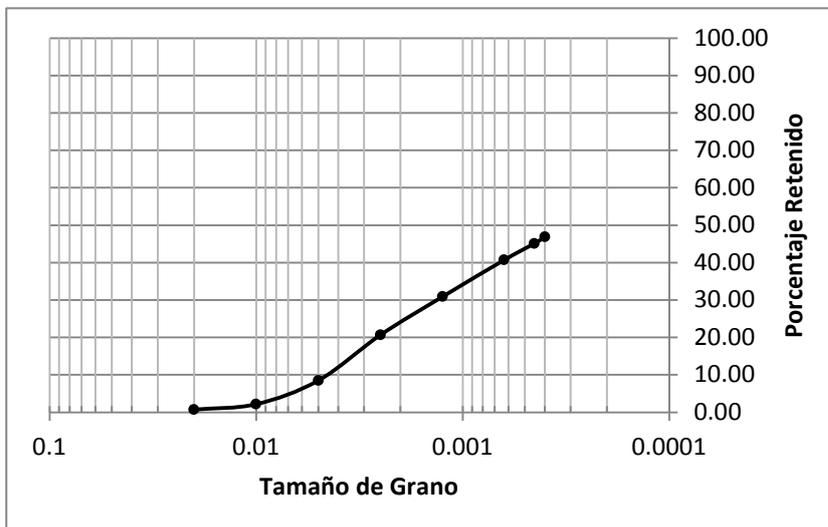
MUESTRA : P3 - M1

W inicial : 256.65

Abertura de malla	Nº Malla	Wtamiz	Wtamiz +muestra	Wmuestra	%W	% Retenido acumulado
2000	+10	317.58	319.38	1.80	0.71	0.71
1000	+18	288.43	292.10	3.67	1.45	2.17
500	+35	254.88	270.83	15.95	6.32	8.48
250	+60	226.34	257.11	30.77	12.19	20.67
125	+120	220.07	245.91	25.84	10.23	30.91
63	+230	234.65	259.33	24.68	9.78	40.68
45	+325	203.72	214.85	11.13	4.41	45.09
37	+400	390.69	395.04	4.35	1.72	46.81
	-400	181.01	185.83	4.82	1.91	48.72
	Lamas	1518.40	1647.86	129.46	51.28	100.00
	Suma			252.47		

Graba 0.71 %
 Arena 39.97 %
 Limos y 59.32 %
 arcillas

ROCA : Lodolita





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

Anexo III.a.6

GRANULOMETRIA

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre – 2012

MUESTRA : P4 - M1

W inicial : 251.13

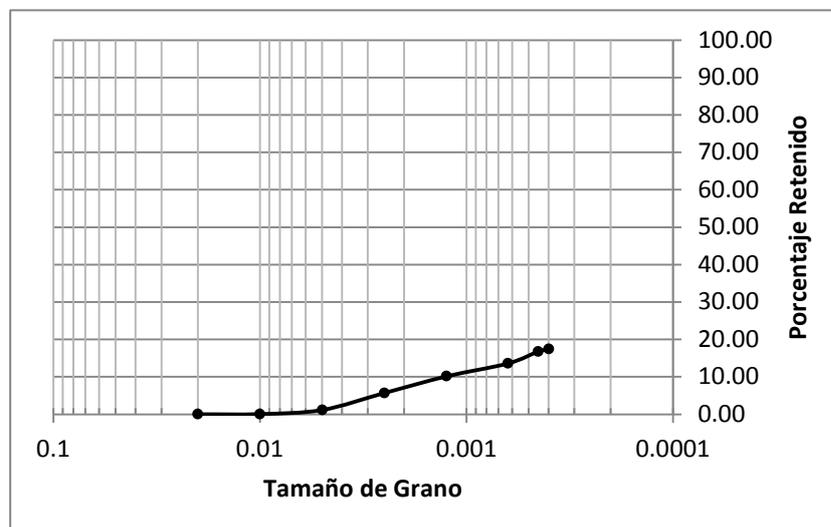
Abertura de malla	Nº Malla	Wtamiz	Wtamiz +muestra	Wmuestra	%W	% Retenido acumulado
2000	+10	317.00	317.01	0.01	0.00	0.00
1000	+18	290.40	290.49	0.09	0.04	0.04
500	+35	255.07	257.68	2.61	1.10	1.14
250	+60	225.19	235.97	10.78	4.53	5.66
125	+120	222.11	232.72	10.61	4.45	10.12
63	+230	234.75	242.96	8.21	3.45	13.57
45	+325	203.29	210.85	7.56	3.17	16.74
37	+400	391.16	392.69	1.53	0.64	17.38
	-400	181.00	181.11	0.11	0.05	17.43
	Lamas	1513.00	1709.65	196.65	82.57	100.00
	Suma			238.16		

Graba 0.00 %

Arena 13.56 %

Limos y arcillas 86.43 %

ROCA : Lodolita





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.a.7

GRANULOMETRIA

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre – 2012

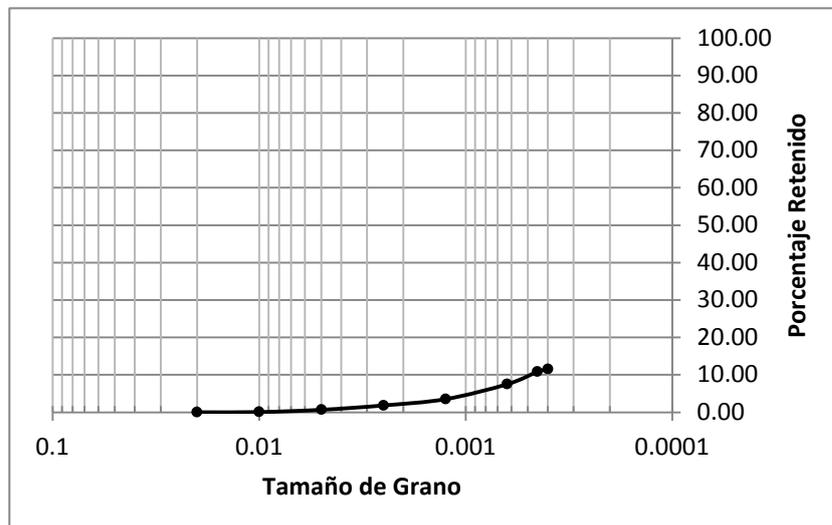
MUESTRA : P4 - M2

W inicial : 260.59

Abertura de malla	Nº Malla	Wtamiz	Wtamiz +muestra	Wmuestra	%W	% Retenido acumulado
2000	+10	317.00	317.02	0.02	0.01	0.01
1000	+18	290.42	290.53	0.11	0.04	0.05
500	+35	255.05	256.56	1.51	0.61	0.66
250	+60	225.19	228.10	2.91	1.17	1.82
125	+120	221.75	225.95	4.20	1.68	3.51
63	+230	234.33	244.26	9.93	3.98	7.49
45	+325	202.34	210.60	8.26	3.31	10.80
37	+400	392.32	394.17	1.85	0.74	11.54
	-400	181.01	189.23	8.22	3.29	14.83
	Lamas	1534.71	1747.20	212.49	85.17	100.00
	Suma			249.50		

Graba 0.01 %
 Arena 7.48 %
 Limos y 92.51 %
 arcillas

ROCA : Lodolita





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

Anexo III.a.8

GRANULOMETRIA

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre – 2012

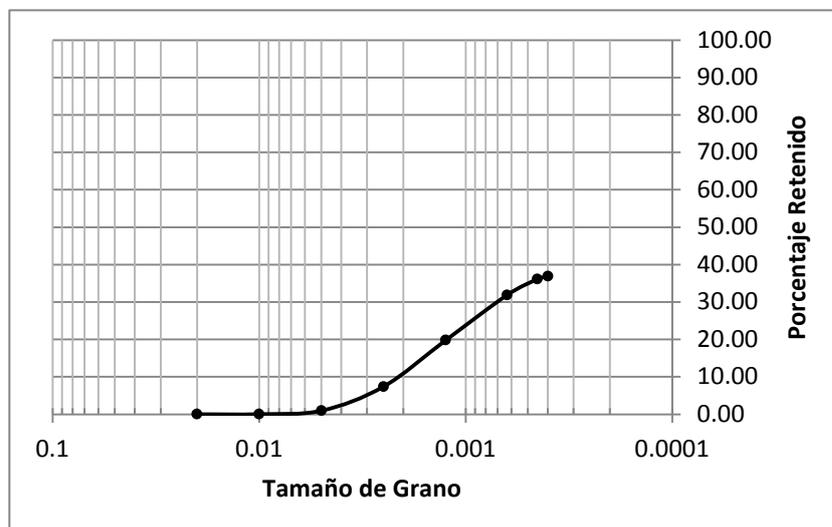
MUESTRA : P4 – M3

W inicial : 255.49

Abertura de malla	N° Malla	Wtamiz	Wtamiz +muestra	Wmuestra	%W	% Retenido acumulado
2000	+10	317.01	317.01	0.00	0.00	0.00
1000	+18	290.41	290.46	0.05	0.02	0.02
500	+35	255.07	257.35	2.28	0.93	0.95
250	+60	225.17	240.96	15.79	6.43	7.38
125	+120	221.56	251.95	30.39	12.38	19.76
63	+230	234.11	263.81	29.70	12.10	31.86
45	+325	202.94	213.28	10.34	4.21	36.07
37	+400	390.77	392.76	1.99	0.81	36.88
	-400	181.00	181.25	0.25	0.10	36.98
	Lamas	1532.20	1686.90	154.70	63.02	100.00
	Suma			245.49		

Graba 0.00 %
 Arena 31.86 %
 Limos y arcillas 68.14 %

ROCA : Lodolita





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.a.9

GRANULOMETRIA

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre – 2012

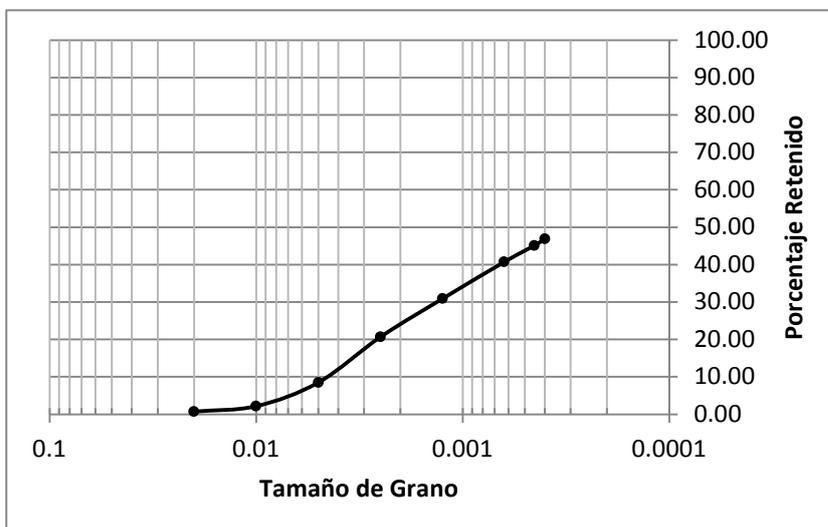
MUESTRA : P5 - M1

W inicial : 256.65

Abertura de malla	Nº Malla	Wtamiz	Wtamiz +muestra	Wmuestra	%W	% Retenido acumulado
2000	+10	317.58	319.38	1.80	0.71	0.71
1000	+18	288.43	292.10	3.67	1.45	2.17
500	+35	254.88	270.83	15.95	6.32	8.48
250	+60	226.34	257.11	30.77	12.19	20.67
125	+120	220.07	245.91	25.84	10.23	30.91
63	+230	234.65	259.33	24.68	9.78	40.68
45	+325	203.72	214.85	11.13	4.41	45.09
37	+400	390.69	395.04	4.35	1.72	46.81
	-400	181.01	185.83	4.82	1.91	48.72
	Lamas	1518.40	1647.86	129.46	51.28	100.00
	Suma			252.47		

Graba 0.71 %
 Arena 39.97 %
 Limos y 59.32 %
 arcillas

ROCA : Lutita





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.a.10

GRANULOMETRIA

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre – 2012

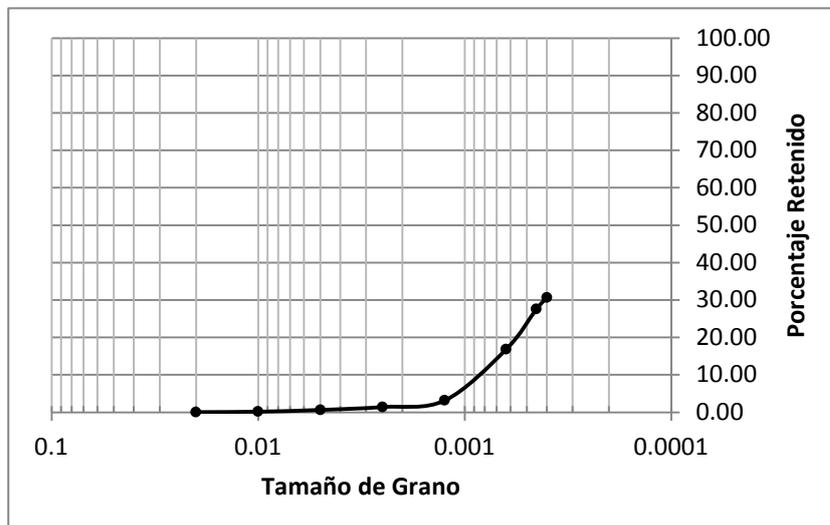
MUESTRA : P6 - M1

W inicial : 250.03

Abertura de malla	Nº Malla	Wtamiz	Wtamiz +muestra	Wmuestra	%W	% Retenido acumulado
2000	+10	317.55	317.65	0.10	0.04	0.04
1000	+18	288.41	288.69	0.28	0.11	0.16
500	+35	254.87	256.02	1.15	0.47	0.62
250	+60	226.33	228.22	1.89	0.77	1.40
125	+120	220.05	224.30	4.25	1.74	3.13
63	+230	234.16	267.62	33.46	13.67	16.80
45	+325	202.76	229.01	26.25	10.72	27.52
37	+400	391.51	399.23	7.72	3.15	30.67
	-400	180.98	182.52	1.54	0.63	31.30
	Lamas	1534.75	1702.95	168.20	68.70	100.00
	Suma			244.84		

Graba 0.04 %
 Arena 16.76 %
 Limos y 83.20 %
 arcillas

ROCA : Lodolita





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.a.11

GRANULOMETRIA

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre – 2012

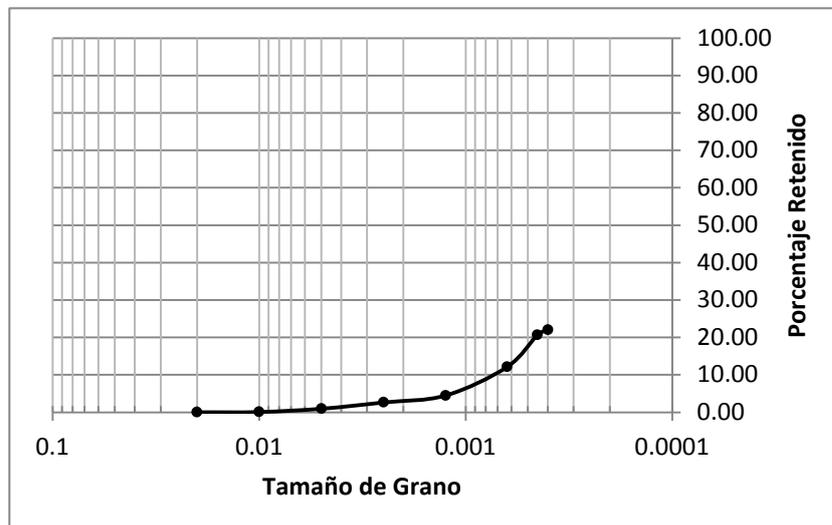
MUESTRA : P6 - M2

W inicial : 262.72

Abertura de malla	Nº Malla	Wtamiz	Wtamiz +muestra	Wmuestra	%W	% Retenido acumulado
2000	+10	317.00	317.01	0.01	0.00	0.00
1000	+18	290.39	290.53	0.14	0.05	0.06
500	+35	255.05	257.31	2.26	0.88	0.94
250	+60	225.51	229.82	4.31	1.68	2.61
125	+120	220.20	224.99	4.79	1.86	4.48
63	+230	232.99	252.61	19.62	7.63	12.11
45	+325	203.04	224.92	21.88	8.51	20.61
37	+400	391.42	395.13	3.71	1.44	22.06
	-400	181.00	181.79	0.79	0.31	22.36
	Lamas	2180.90	2380.55	199.65	77.64	100.00
	Suma			257.16		

Graba 0.00 %
 Arena 12.10 %
 Limos y 87.89 %
 arcillas

ROCA : Lodolita





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.a.12

GRANULOMETRIA

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre – 2012

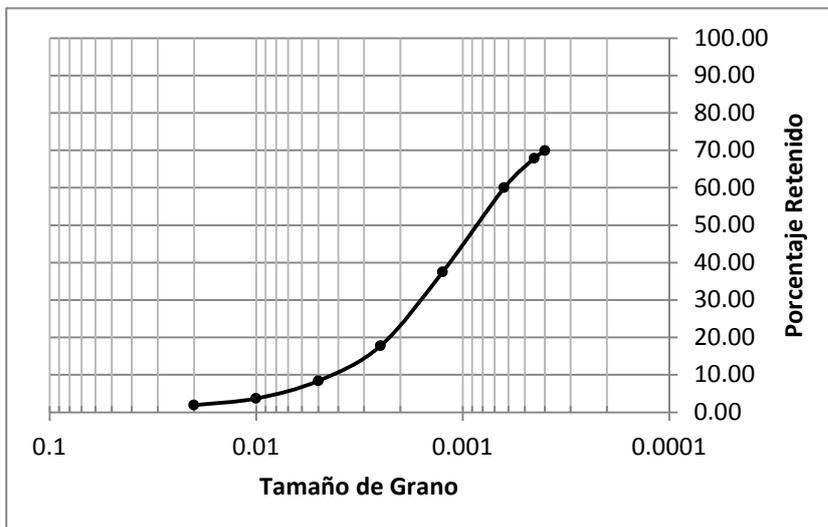
MUESTRA : P7 - M1

W inicial : 257.11

Abertura de malla	Nº Malla	Wtamiz	Wtamiz +muestra	Wmuestra	%W	% Retenido acumulado
2000	+10	317.55	322.37	4.82	1.89	1.89
1000	+18	288.42	292.99	4.57	1.79	3.68
500	+35	254.88	266.90	12.02	4.71	8.40
250	+60	226.34	250.15	23.81	9.34	17.73
125	+120	220.19	270.52	50.33	19.74	37.47
63	+230	233.37	290.70	57.33	22.48	59.95
45	+325	204.47	224.61	20.14	7.90	67.85
37	+400	390.84	395.99	5.15	2.02	69.87
	-400	181.02	181.70	0.68	0.27	70.14
	Lamas	1534.70	1610.85	76.15	29.86	100.00
	Suma			255.00		

Graba 1.89 %
 Arena 58.06 %
 Limos y 40.05 %
 arcillas

ROCA : Arenas finas





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.a.13

GRANULOMETRIA

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre – 2012

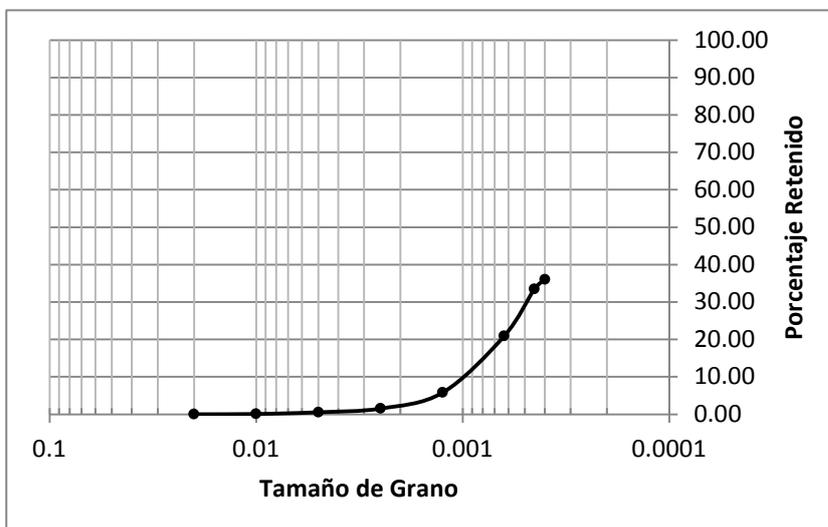
MUESTRA : P8 - M1

W inicial : 259.25

Abertura de malla	Nº Malla	Wtamiz	Wtamiz +muestra	Wmuestra	%W	% Retenido acumulado
2000	+10	317.54	317.55	0.01	0.00	0.00
1000	+18	288.41	288.59	0.18	0.07	0.08
500	+35	254.87	256.01	1.14	0.46	0.54
250	+60	226.34	228.79	2.45	0.99	1.53
125	+120	220.09	230.62	10.53	4.25	5.78
63	+230	233.27	270.66	37.39	15.10	20.88
45	+325	204.19	235.23	31.04	12.53	33.41
37	+400	390.77	397.27	6.50	2.62	36.04
	-400	181.01	184.36	3.35	1.35	37.39
	Lamas	1534.45	1689.50	155.05	62.61	100.00
	Suma			247.64		

Graba 0.00 %
 Arena 20.87 %
 Limos y 79.12 %
 arcillas

ROCA : Lutita





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.a.14

GRANULOMETRIA

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre – 2012

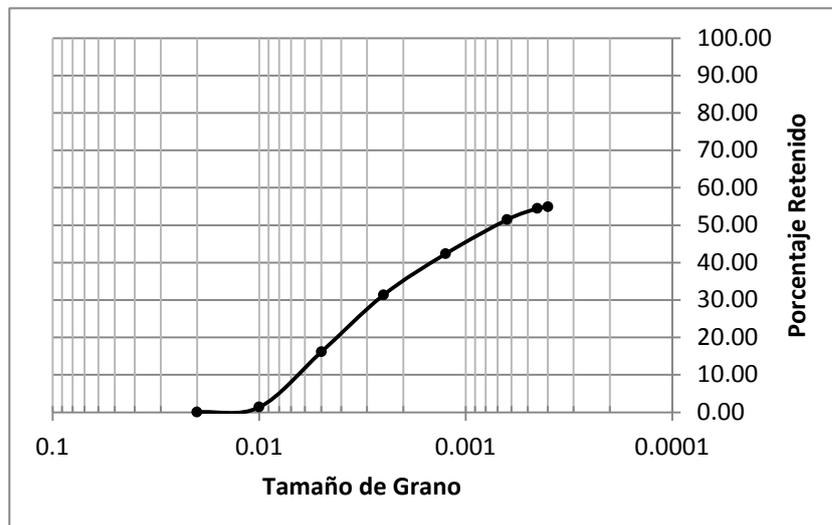
MUESTRA : P9 - M1

W inicial : 256.65

Abertura de malla	Nº Malla	Wtamiz	Wtamiz +muestra	Wmuestra	%W	% Retenido acumulado
2000	+10	317.57	317.65	0.08	0.03	0.03
1000	+18	288.72	291.96	3.24	1.29	1.33
500	+35	255.05	292.08	37.03	14.79	16.12
250	+60	225.18	263.25	38.07	15.21	31.32
125	+120	221.00	248.56	27.56	11.01	42.33
63	+230	232.86	255.69	22.83	9.12	51.45
45	+325	202.55	210.03	7.48	2.99	54.44
37	+400	391.86	392.91	1.05	0.42	54.86
	-400	181.00	192.16	11.16	4.46	59.32
	Lamas	1513.00	1614.85	101.85	40.68	100.00
	Suma			250.35		

Graba 0.03 %
 Arena 51.42 %
 Limos y 48.55 %
 arcillas

ROCA : Arenisca





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

Anexo III.a.15

GRANULOMETRIA

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre – 2012

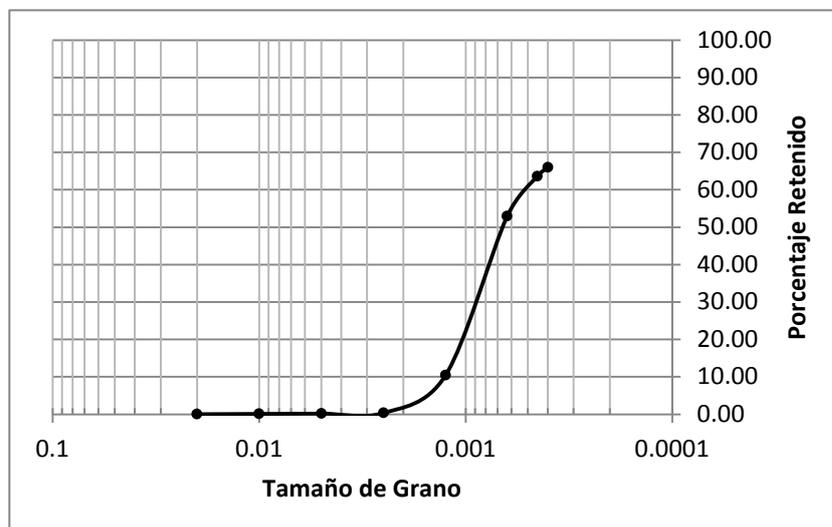
MUESTRA : P9 - M2

W inicial : 259.93

Abertura de malla	Nº Malla	Wtamiz	Wtamiz +muestra	Wmuestra	%W	% Retenido acumulado
2000	+10	317.56	317.60	0.04	0.02	0.02
1000	+18	288.72	288.92	0.20	0.08	0.09
500	+35	255.06	255.26	0.20	0.08	0.17
250	+60	225.19	225.58	0.39	0.15	0.33
125	+120	220.96	246.53	25.57	10.11	10.44
63	+230	232.82	340.10	107.28	42.43	52.87
45	+325	202.56	229.64	27.08	10.71	63.58
37	+400	391.86	397.91	6.05	2.39	65.97
	-400	181.00	182.25	1.25	0.49	66.46
	Lamas	1519.50	1604.30	84.80	33.54	100.00
	Suma			252.86		

Graba 0.02 %
 Arena 52.85 %
 Limos y 47.13 %
 arcillas

ROCA : Arenisca





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

Anexo III.a.16

GRANULOMETRIA

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre – 2012

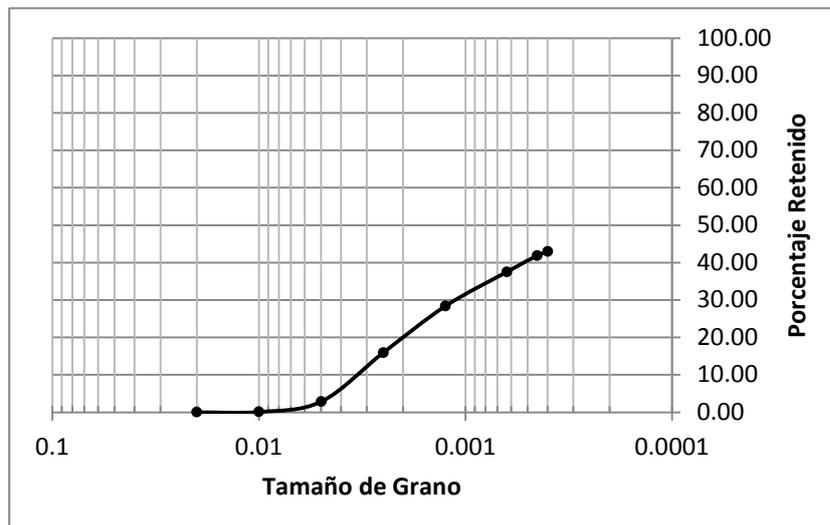
MUESTRA : P10 - M1

W inicial : 254.75

Abertura de malla	Nº Malla	Wtamiz	Wtamiz +muestra	Wmuestra	%W	% Retenido acumulado
2000	+10	317.55	317.56	0.01	0.00	0.00
1000	+18	288.72	288.89	0.17	0.07	0.07
500	+35	255.06	261.94	6.88	2.75	2.83
250	+60	225.18	257.87	32.69	13.09	15.91
125	+120	219.14	250.24	31.10	12.45	28.36
63	+230	231.91	254.73	22.82	9.14	37.50
45	+325	202.48	213.32	10.84	4.34	41.84
37	+400	391.75	394.50	2.75	1.10	42.94
	-400	181.02	183.31	2.29	0.92	43.86
	Lamas	1513.05	1653.30	140.25	56.14	100.00
	Suma			249.80		

Graba 0.00 %
 Arena 37.49 %
 Limos y 62.50 %
 arcillas

ROCA : Lodolita





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

Anexo III.a.17

GRANULOMETRIA

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre – 2012

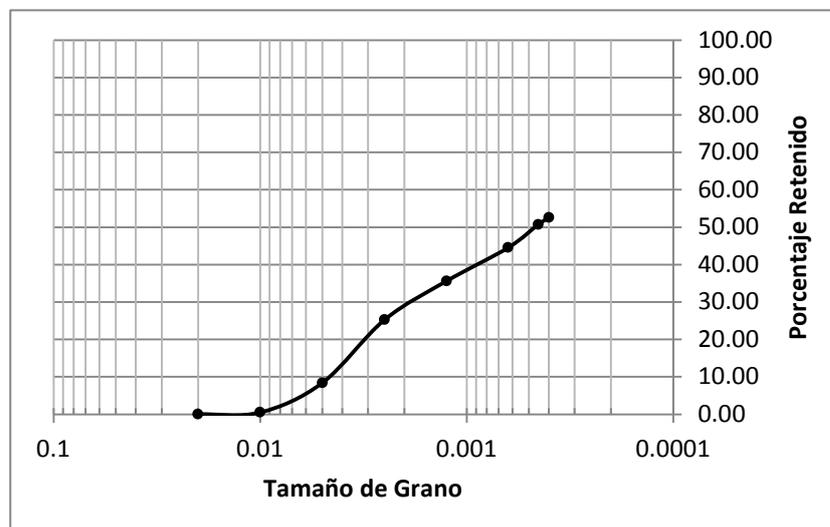
MUESTRA : P10 - M2

W inicial : 255.22

Abertura de malla	Nº Malla	Wtamiz	Wtamiz +muestra	Wmuestra	%W	% Retenido acumulado
2000	+10	315.87	315.90	0.03	0.01	0.01
1000	+18	289.82	290.99	1.17	0.47	0.48
500	+35	256.50	276.15	19.65	7.91	8.39
250	+60	225.70	267.57	41.87	16.85	25.24
125	+120	216.61	242.40	25.79	10.38	35.61
63	+230	231.34	253.46	22.12	8.90	44.51
45	+325	202.14	217.58	15.44	6.21	50.72
37	+400	391.59	396.17	4.58	1.84	52.57
	-400	181.00	182.69	1.69	0.68	53.25
	Lamas	1532.20	1648.40	116.20	46.75	100.00
	Suma			248.54		

Graba 0.01 %
 Arena 44.50 %
 Limos y 55.49 %
 arcillas

ROCA : Lodolita



ANEXO III. b.

LÍMITES DE ANTTENBERG



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.b.1

LIMITES DE ATTEBERG

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre - 2012 **MUESTRA :** P1 - M1

LIMITE LIQUIDO

GOPES	W _H	W _s	W _{cap}	%W
31	73.94	68.88	61.45	68.10
27	80.81	76.62	70.54	68.91
23	70.50	65.83	59.30	71.52
19	73.13	69.40	64.39	74.45
RESULTADO				67.00

LIMITE PLASTICO

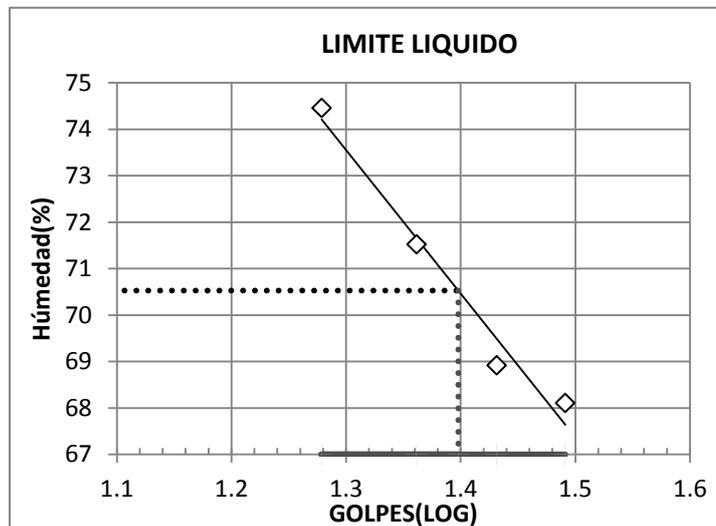
W _H	W _s	W _{cap}	%W	RESULTADO
64.78	64.36	63.14	34.43	
62.40	62.05	61.10	36.84	
72.17	71.71	70.57	40.35	37.21

LIMITE DE RETRACCION

W _H	W _s	W _{cap}	%W	V _{cap}	V _s	RESULTADO
42.80	33.38	18.04	61.41	16.76	10.25	18.92

IP : 29.79

IR : 18.29





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.b.2

LIMITES DE ATTENBERG

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre - 2012 **MUESTRA :** P1 - M2

LIMITE LIQUIDO

GOPES	W _H	W _s	W _{cap}	%W
33	85.79	81.49	69.52	35.92
28	83.63	79.29	67.50	36.81
24	78.62	74.36	63.15	38.00
18	74.12	70.49	61.10	38.66
RESULTADO				37.37

LIMITE PLASTICO

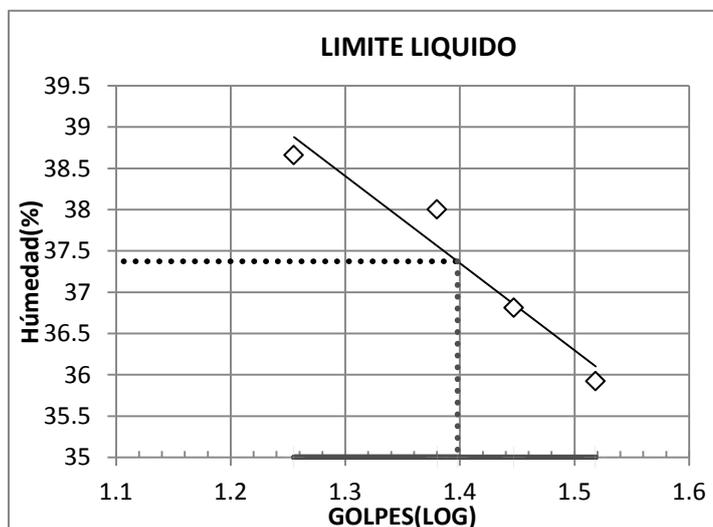
W _H	W _s	W _{cap}	%W	RESULTADO
72.32	71.45	68.22	26.93	
66.07	65.12	61.61	27.07	
74.28	73.25	69.46	27.18	27.06

LIMITE DE RETRACCION

W _H	W _s	W _{cap}	%W	V _{cap}	V _s	RESULTADO
49.37	40.74	18.15	38.20	16.92	14.25	26.39

IP : 10.31

IR : 0.67





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.b.3

LIMITES DE ATTENBERG

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre - 2012 **MUESTRA :** P2 - M1

LIMITE LIQUIDO

GOPES	W _H	W _s	W _{cap}	%W
30	77.24	71.94	61.39	50.24
27	79.80	73.38	61.00	51.86
24	72.10	67.61	59.30	54.03
21	80.45	76.07	68.21	55.73
RESULTADO				53.14

LIMITE PLASTICO

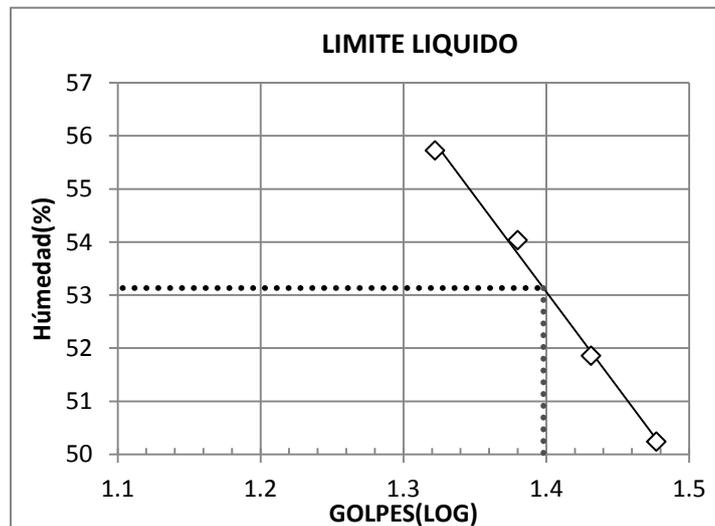
W _H	W _s	W _{cap}	%W	RESULTADO
67.68	66.89	64.38	31.47	
73.04	72.44	70.54	31.58	
62.14	61.58	59.76	30.77	31.27

LIMITE DE RETRACCION

W _H	W _s	W _{cap}	%W	V _{cap}	V _s	RESULTADO
45.32	35.65	17.86	54.36	16.53	11.26	24.76

IP : 21.86

IR : 6.51





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.b.4

LIMITES DE ATTENBERG

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre - 2012

MUESTRA : P2 - M2

LIMITE LIQUIDO

GOPES	W _H	W _s	W _{cap}	%W
35	83.39	78.52	70.53	60.95
28	74.72	69.57	61.44	63.35
22	70.99	66.42	59.28	64.01
17	77.44	72.30	64.42	65.23
RESULTADO				63.29

LIMITE PLASTICO

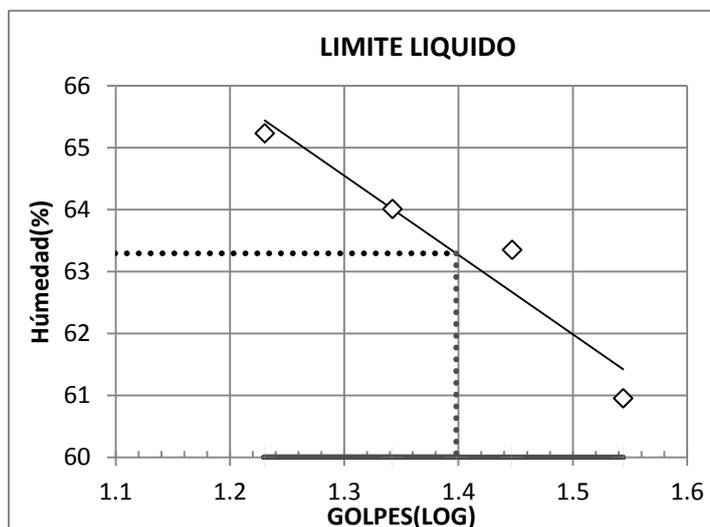
W _H	W _s	W _{cap}	%W	RESULTADO
64.71	63.32	60.12	43.44	
65.56	64.29	61.40	43.94	
63.43	62.31	59.76	43.92	43.77

LIMITE DE RETRACCION

W _H	W _s	W _{cap}	%W	V _{cap}	V _s	RESULTADO
45.16	35.09	18.03	59.03	16.97	13.24	37.15

IP : 19.53

IR : 6.62





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.b.5

LIMITES DE ATTENBERG

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre - 2012

MUESTRA : P3 - M1

LIMITE LIQUIDO

GOPES	W _H	W _s	W _{cap}	%W
35	80.68	76.52	64.33	34.13
28	78.03	74.76	65.58	35.62
22	80.31	76.04	64.55	37.16
17	84.13	80.01	69.52	39.28
RESULTADO				36.43

LIMITE PLASTICO

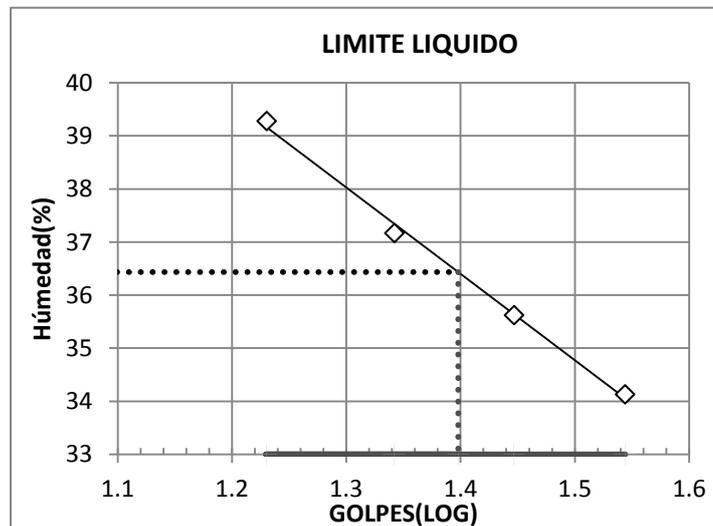
W _H	W _s	W _{cap}	%W	RESULTADO
61.23	60.39	57.30	27.18	
66.45	65.86	63.14	21.69	
64.52	63.96	61.39	21.79	23.56

LIMITE DE RETRACCION

W _H	W _s	W _{cap}	%W	V _{cap}	V _s	RESULTADO
41.00	35.09	18.03	34.64	16.97	14.50	20.17

IP : 12.88

IR : 3.39





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.b.6

LIMITES DE ATTENBERG

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre - 2012 **MUESTRA :** P4 - M1

LIMITE LIQUIDO

GOPES	W _H	W _s	W _{cap}	%W
30	77.88	72.63	61.46	47.00
27	77.43	71.52	59.30	48.36
23	83.08	78.12	68.09	49.45
20	75.72	70.93	61.41	50.32
RESULTADO				48.69

LIMITE PLASTICO

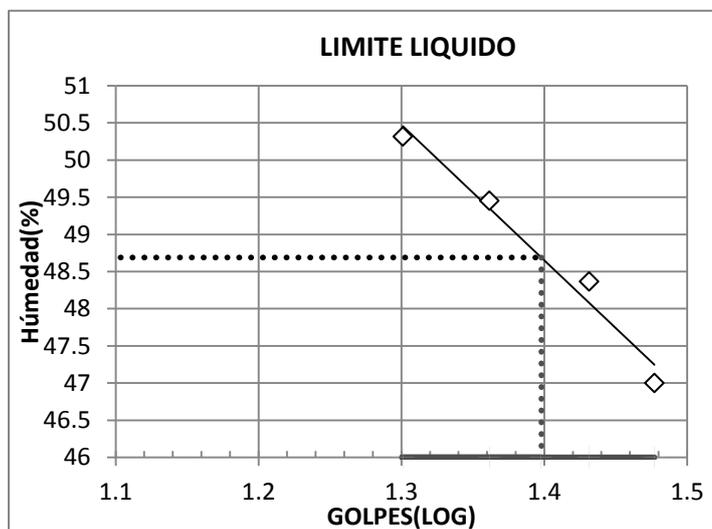
W _H	W _s	W _{cap}	%W	RESULTADO
71.32	69.76	64.34	28.78	
68.44	66.59	60.13	28.64	
76.90	74.33	65.42	28.84	28.75

LIMITE DE RETRACCION

W _H	W _s	W _{cap}	%W	V _{cap}	V _s	RESULTADO
46.70	37.57	17.87	46.35	16.51	11.98	23.32

IP : 19.93

IR : 5.44





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.b.7

LIMITES DE ATTENBERG

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre - 2012 **MUESTRA :** P4 - M2

LIMITE LIQUIDO

GOPES	W _H	W _s	W _{cap}	%W
31	81.62	78.47	70.52	39.62
27	70.87	68.02	61.00	40.60
23	67.63	64.56	57.20	41.71
20	77.19	74.52	68.23	42.45
RESULTADO				41.07

LIMITE PLASTICO

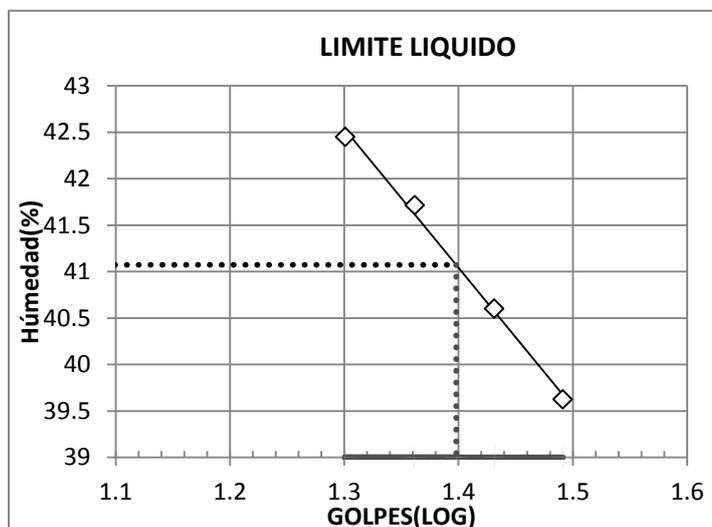
W _H	W _s	W _{cap}	%W	RESULTADO
45.54	44.12	37.89	22.79	
72.05	70.62	64.41	23.03	
67.14	65.78	59.78	22.67	22.83

LIMITE DE RETRACCION

W _H	W _s	W _{cap}	%W	V _{cap}	V _s	RESULTADO
48.81	40.35	18.16	38.13	16.88	12.42	18.04

IP : 18.24

IR : 4.79





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.b.8

LIMITES DE ATTENBERG

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre - 2012

MUESTRA : P4 – M3

LIMITE LIQUIDO

GOPES	W _H	W _s	W _{cap}	%W
30	83.90	80.26	70.54	37.45
28	86.05	81.43	69.40	38.40
23	86.44	81.78	70.10	39.90
18	76.68	72.69	63.15	41.82
RESULTADO				39.15

LIMITE PLASTICO

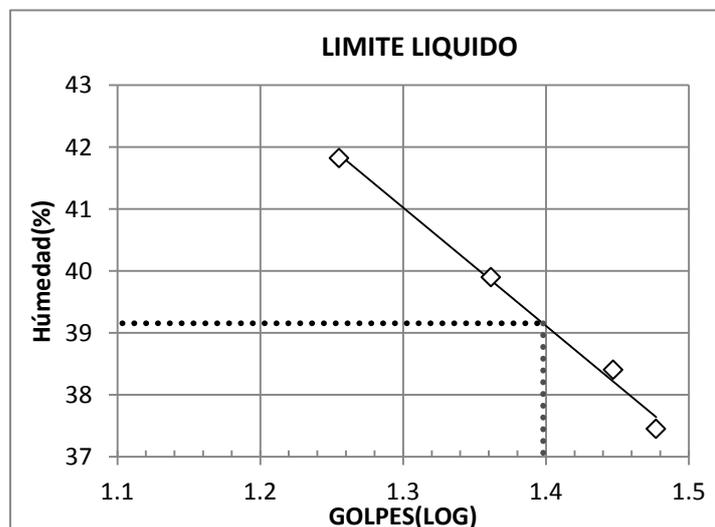
W _H	W _s	W _{cap}	%W	RESULTADO
70.54	68.94	61.60	21.80	
76.73	75.23	68.50	22.29	
77.46	76.02	69.52	22.15	22.08

LIMITE DE RETRACCION

W _H	W _s	W _{cap}	%W	V _{cap}	V _s	RESULTADO
48.33	40.62	17.86	33.88	16.59	11.52	11.60

IP : 17.07

IR : 10.48





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.b.9

LIMITES DE ATTENBERG

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre - 2012

MUESTRA : P5 - M1

LIMITE LIQUIDO

GOPES	W _H	W _s	W _{cap}	%W
31	81.78	76.88	69.46	66.04
27	77.41	72.11	64.36	68.39
24	75.58	70.48	63.14	69.48
20	69.21	64.25	57.30	71.37
RESULTADO				68.90

LIMITE PLASTICO

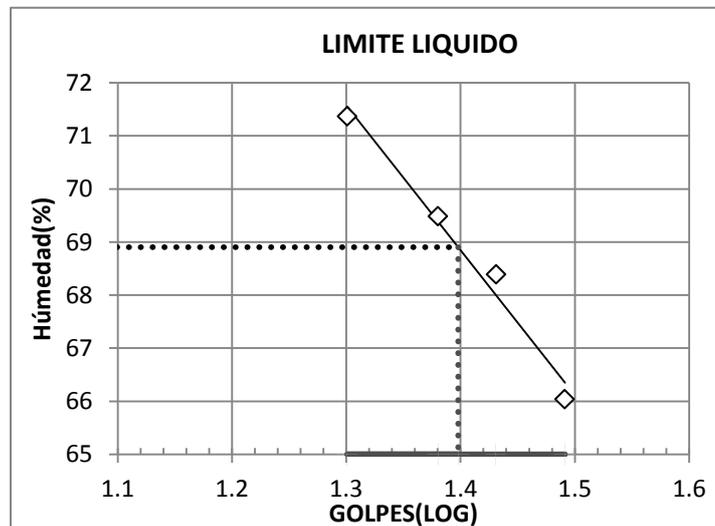
W _H	W _s	W _{cap}	%W	RESULTADO
63.58	62.94	61.57	46.72	
62.60	62.13	61.09	45.19	
72.12	71.63	70.56	45.79	45.90

LIMITE DE RETRACCION

W _H	W _s	W _{cap}	%W	V _{cap}	V _s	RESULTADO
44.32	33.19	18.03	73.42	16.75	12.79	47.26

IP : 23.00

IR : -1.36





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.b.10

LIMITES DE ATTENBERG

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre - 2012 **MUESTRA :** P6 - M1

LIMITE LIQUIDO

GOPES	W _H	W _s	W _{cap}	%W
34	83.63	79.38	69.44	42.76
28	77.56	73.86	65.43	43.89
24	73.07	69.37	61.09	44.69
18	50.62	46.58	37.89	46.49
RESULTADO				44.53

LIMITE PLASTICO

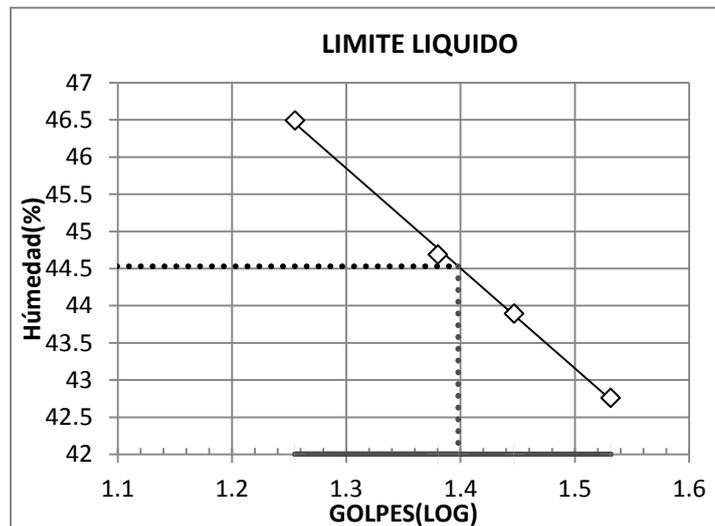
W _H	W _s	W _{cap}	%W	RESULTADO
63.18	62.37	60.08	35.37	
73.68	72.85	70.54	35.93	
70.65	70.01	68.40	39.75	37.02

LIMITE DE RETRACCION

W _H	W _s	W _{cap}	%W	V _{cap}	V _s	RESULTADO
47.34	37.94	18.15	47.50	16.92	14.64	35.96

IP : 7.51

IR : 1.06





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.b.11

LIMITES DE ATTENBERG

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre - 2012 **MUESTRA :** P6 - M2

LIMITE LIQUIDO

GOPEs	W _H	W _s	W _{cap}	%W
30	83.56	79.26	70.53	49.26
26	75.50	71.69	64.20	50.87
22	81.20	76.79	68.38	52.44
16	73.24	69.10	61.57	54.98
RESULTADO				51.09

LIMITE PLASTICO

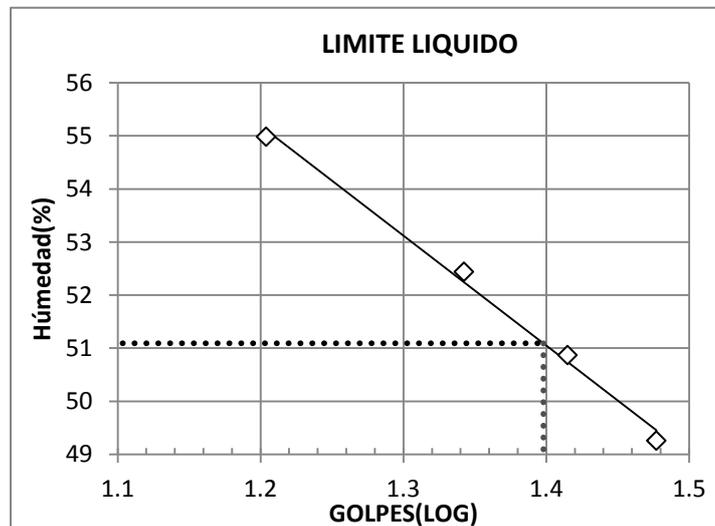
W _H	W _s	W _{cap}	%W	RESULTADO
59.78	59.16	57.30	33.33	
72.69	71.90	69.53	33.33	
73.94	73.10	70.55	32.94	33.20

LIMITE DE RETRACCION

W _H	W _s	W _{cap}	%W	V _{cap}	V _s	RESULTADO
46.34	33.69	18.16	81.46	16.77	11.06	44.65

IP : 17.89

IR : -11.44





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.b.12

LIMITES DE ATTENBERG

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre - 2012 **MUESTRA :** P8 - M1

LIMITE LIQUIDO

GOPEs	W _H	W _s	W _{cap}	%W
31	83.38	78.08	68.08	53.00
27	75.20	70.39	61.57	54.54
23	71.90	68.01	61.08	56.13
19	54.22	48.24	37.88	57.72
RESULTADO				55.19

LIMITE PLASTICO

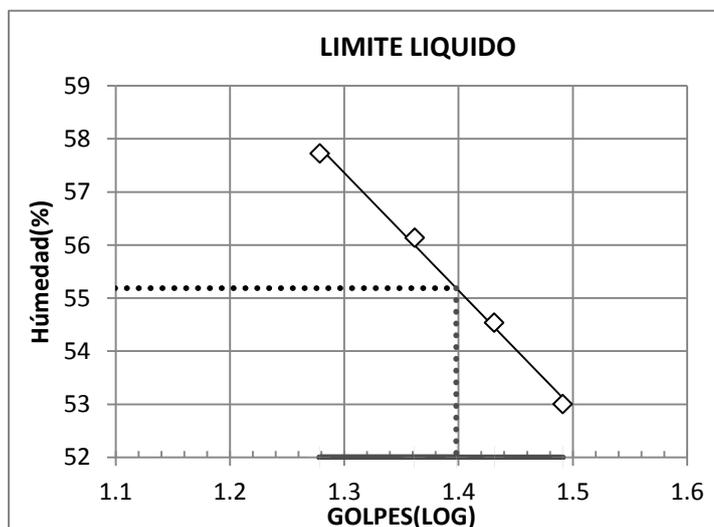
W _H	W _s	W _{cap}	%W	RESULTADO
72.26	71.91	70.54	25.55	
71.17	70.59	68.50	27.75	
61.10	60.83	59.76	25.23	26.18

LIMITE DE RETRACCION

W _H	W _s	W _{cap}	%W	V _{cap}	V _s	RESULTADO
44.50	34.16	17.86	63.44	16.52	9.65	21.25

IP : 29.01

IR : 4.93





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.b.13

LIMITES DE ATTENBERG

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre - 2012 **MUESTRA :** P9 - M1

LIMITE LIQUIDO

GOPES	W _H	W _s	W _{cap}	%W
30	83.58	77.42	61.20	37.98
27	77.64	72.76	60.09	38.52
23	88.32	83.31	70.55	39.26
19	86.25	81.72	70.50	40.37
RESULTADO				38.90

LIMITE PLASTICO

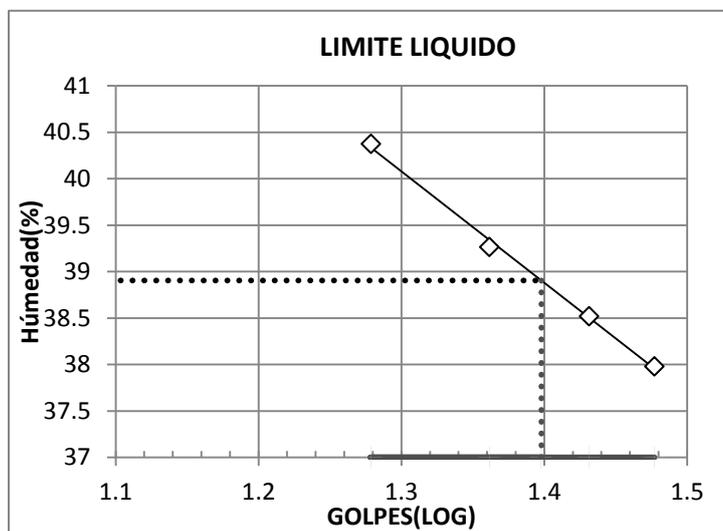
W _H	W _s	W _{cap}	%W	RESULTADO
72.72	71.68	68.09	28.97	
63.56	62.61	59.28	28.53	
73.68	72.76	69.46	27.88	28.46

LIMITE DE RETRACCION

W _H	W _s	W _{cap}	%W	V _{cap}	V _s	RESULTADO
47.65	38.45	18.02	45.03	16.72	13.88	31.12

IP : 10.45

IR : -2.67





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.b.14

LIMITES DE ATTENBERG

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre - 2012 **MUESTRA :** P9 - M2

LIMITE LIQUIDO

GOPES	W _H	W _s	W _{cap}	%W
31	80.68	76.52	64.00	33.23
27	78.03	74.76	65.41	34.97
23	80.31	76.04	64.39	36.65
19	84.13	80.01	69.52	39.28
RESULTADO				35.83

LIMITE PLASTICO

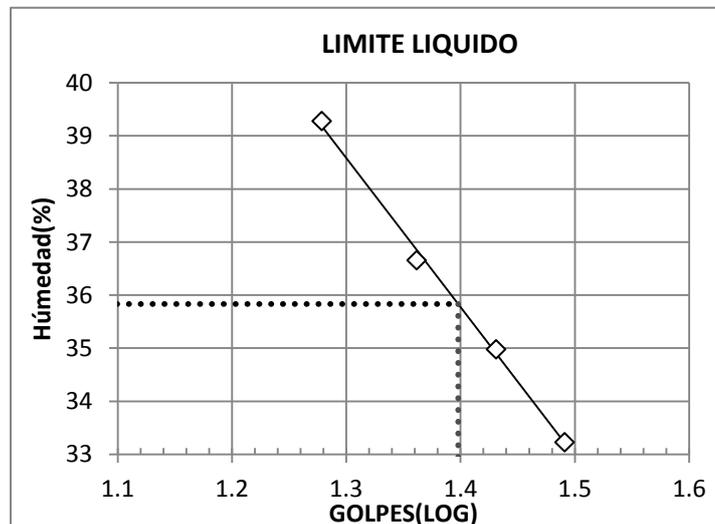
W _H	W _s	W _{cap}	%W	RESULTADO
61.13	60.39	57.30	23.95	
66.45	65.86	63.14	21.69	
64.52	63.96	61.39	21.79	22.48

LIMITE DE RETRACCION

W _H	W _s	W _{cap}	%W	V _{cap}	V _s	RESULTADO
48.58	40.28	18.15	37.51	16.78	13.67	23.44

IP : 13.36

IR : -0.97





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.b.15

LIMITES DE ATTENBERG

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre - 2012 **MUESTRA :** P10 - M1

LIMITE LIQUIDO

GOPES	W _H	W _s	W _{cap}	%W
34	77.81	74.11	68.23	62.93
29	67.96	63.80	57.30	64.00
20	74.62	69.10	61.12	69.17
16	80.63	76.46	70.53	70.32
RESULTADO				66.04

LIMITE PLASTICO

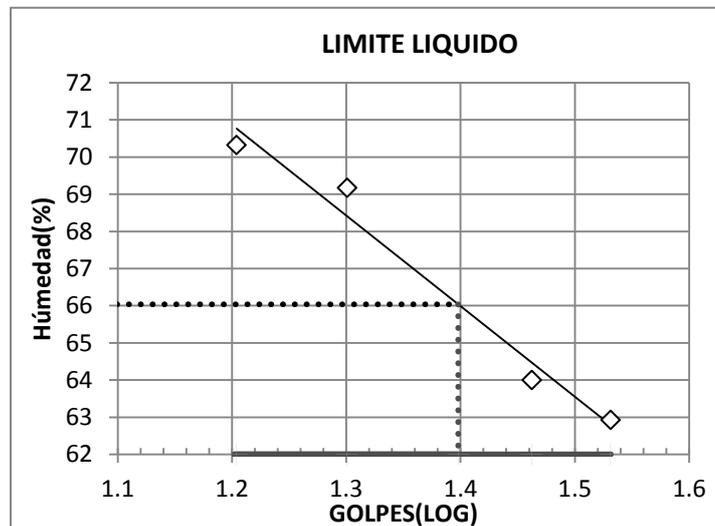
W _H	W _s	W _{cap}	%W	RESULTADO
68.06	66.97	64.50	44.13	
66.01	65.11	63.14	45.69	
64.22	63.41	61.60	44.75	44.86

LIMITE DE RETRACCION

W _H	W _s	W _{cap}	%W	V _{cap}	V _s	RESULTADO
44.51	36.40	18.03	44.15	16.85	14.24	29.98

IP : 21.18

IR : 14.88





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.b.16

LIMITES DE ATTENBERG

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
 FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
 SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

PROYECTO :

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Diciembre - 2012 **MUESTRA :** P10 - M2

LIMITE LIQUIDO

GOPES	W _H	W _s	W _{cap}	%W
31	82.82	79.45	69.57	34.11
26	79.25	75.63	65.42	35.46
21	76.61	72.55	61.47	36.64
17	82.28	78.45	68.13	37.11
RESULTADO				35.45

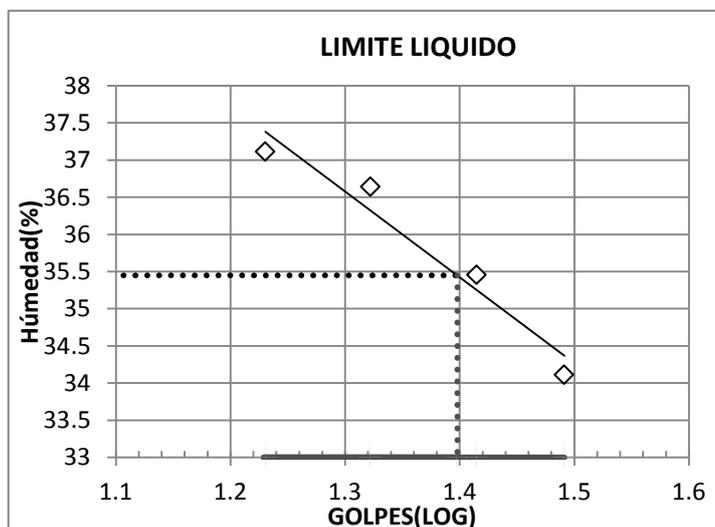
LIMITE PLASTICO

W _H	W _s	W _{cap}	%W	RESULTADO
71.24	70.70	68.51	24.66	
68.48	67.68	64.34	23.95	
74.16	73.47	70.54	23.55	24.05

LIMITE DE RETRACCION

W _H	W _s	W _{cap}	%W	V _{cap}	V _s	RESULTADO
47.42	39.05	17.87	39.52	16.52	12.99	22.81

IP : 11.39
 IR : 1.24



ANEXO III. c.

PESO ESPECÍFICO Y SUPERFICIE ESPECÍFICA



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.c.1

**PESO ESPECIFICO
SUPERFICIE ESPECIFICA**

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Febrero - 2013

MUESTRA : P1 - M1

PESO ESPECIFICO

WPic.	WPic.+S.S.	WPic. + H ₂ O + S.H.	WPic.+H ₂ O	p gr/cm ³
10.08	11.26	15.62	15.06	1.90
10.08	11.31	15.63	15.06	1.86
10.08	11.44	15.77	15.07	2.06
RESULTADO				1.94

SUPERFICIE ESPECIFICA

Ws.s.	AM	MBI	CEC	Se
50.28	10.00	1.99	19.89	148.77



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.c.2
PESO ESPECIFICO
SUPERFICIE ESPECIFICA

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Febrero – 2013

MUESTRA : P1 - M2

PESO ESPECIFICO

WPic.	WPic.+S.S.	WPic. + H ₂ O + S.H.	WPic.+H ₂ O	ρ gr/cm ³
10.08	12.61	16.54	15.07	2.39
10.08	12.24	16.32	15.06	2.40
10.09	12.46	16.43	15.07	2.35
RESULTADO				2.38

SUPERFICIE ESPECIFICA

Ws.s.	AM	MBI	CEC	Se
53.31	6.50	1.22	12.19	91.20



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.c.3

**PESO ESPECIFICO
SUPERFICIE ESPECIFICA**

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Febrero - 2013

MUESTRA : P2 - M1

PESO ESPECIFICO

WPic.	WPic.+S.S.	WPic. + H ₂ O + S.H.	WPic.+H ₂ O	p gr/cm ³
10.08	11.51	15.82	15.06	2.13
10.09	11.49	15.82	15.07	2.15
10.09	11.52	15.80	15.06	2.07
RESULTADO				2.12

SUPERFICIE ESPECIFICA

Ws.s.	AM	MBI	CEC	Se
50.48	9.50	1.88	18.82	140.77



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

Anexo III.c.4 PESO ESPECIFICO SUPERFICIE ESPECIFICA

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Febrero - 2013

MUESTRA : P2 - M2

PESO ESPECIFICO

WPic.	WPic.+S.S.	WPic. + H ₂ O + S.H.	WPic.+H ₂ O	ρ gr/cm ³
10.09	10.35	15.22	15.08	2.17
10.09	10.34	15.22	15.07	2.50
10.08	10.49	15.26	15.07	1.86
RESULTADO				2.18

SUPERFICIE ESPECIFICA

Ws.s.	AM	MBI	CEC	Se
53.37	7.00	1.31	13.12	98.11



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.c.5

**PESO ESPECIFICO
SUPERFICIE ESPECIFICA**

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Febrero - 2013

MUESTRA : P3 - M1

PESO ESPECIFICO

WPic.	WPic.+S.S.	WPic. + H ₂ O + S.H.	WPic.+H ₂ O	p gr/cm ³
10.08	10.69	15.44	15.07	2.54
10.08	10.73	15.47	15.07	2.60
10.07	10.57	15.37	15.06	2.63
RESULTADO				2.59

SUPERFICIE ESPECIFICA

Ws.s.	AM	MBI	CEC	Se
58.40	4.00	0.68	6.85	51.23



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

Anexo III.c.6

PESO ESPECIFICO SUPERFICIE ESPECIFICA

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Febrero - 2013

MUESTRA : P4 - M1

PESO ESPECIFICO

WPic.	WPic.+S.S.	WPic. + H ₂ O + S.H.	WPic.+H ₂ O	ρ gr/cm ³
10.08	11.47	15.83	15.06	2.24
10.09	11.38	15.82	15.07	2.39
10.08	11.54	15.88	15.06	2.28
RESULTADO				2.30

SUPERFICIE ESPECIFICA

Ws.s.	AM	MBI	CEC	Se
54.17	8.50	1.57	15.69	117.37



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.c.7

**PESO ESPECIFICO
SUPERFICIE ESPECIFICA**

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Febrero - 2013

MUESTRA : P4 - M2

PESO ESPECIFICO

WP _{ic.}	WP _{ic.+S.S.}	WP _{ic. + H₂O + S.H.}	WP _{ic.+H₂O}	p gr/cm ³
10.08	11.24	15.78	15.07	2.58
10.09	11.27	15.80	15.07	2.62
10.09	11.25	15.78	15.06	2.64
RESULTADO				2.61

SUPERFICIE ESPECIFICA

Ws.s.	AM	MBI	CEC	Se
54.52	3.00	0.55	5.50	41.16



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

Anexo III.c.8

PESO ESPECIFICO SUPERFICIE ESPECIFICA

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Febrero - 2013

MUESTRA : P4 - M3

PESO ESPECIFICO

WPic.	WPic.+S.S.	WPic. + H ₂ O + S.H.	WPic.+H ₂ O	p gr/cm ³
10.09	11.23	15.74	15.06	2.48
10.08	11.22	15.72	15.06	2.38
10.08	11.41	15.85	15.06	2.46
RESULTADO				2.44

SUPERFICIE ESPECIFICA

Ws.s.	AM	MBI	CEC	Se
59.33	3.00	0.51	5.06	37.82



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.c.9

**PESO ESPECIFICO
SUPERFICIE ESPECIFICA**

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Febrero - 2013

MUESTRA : P5 - M1

PESO ESPECIFICO

WP _{ic.}	WP _{ic.+S.S.}	WP _{ic. + H₂O + S.H.}	WP _{ic.+H₂O}	p gr/cm ³
10.08	10.29	15.20	15.07	2.62
10.08	10.66	15.39	15.06	2.32
10.08	10.46	15.28	15.06	2.37
RESULTADO				2.44

SUPERFICIE ESPECIFICA

Ws.s.	AM	MBI	CEC	Se
55.07	10.00	1.82	18.16	135.83



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

Anexo III.c.10

PESO ESPECIFICO SUPERFICIE ESPECIFICA

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Febrero - 2013

MUESTRA : P6 - M1

PESO ESPECIFICO

WPic.	WPic.+S.S.	WPic. + H ₂ O + S.H.	WPic.+H ₂ O	p gr/cm ³
10.07	10.92	15.56	15.06	2.43
10.08	10.97	15.59	15.06	2.47
10.08	11.09	15.68	15.06	2.59
RESULTADO				2.50

SUPERFICIE ESPECIFICA

Ws.s.	AM	MBI	CEC	Se
53.94	2.00	0.37	3.71	27.73



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.c.11

**PESO ESPECIFICO
SUPERFICIE ESPECIFICA**

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Febrero - 2013

MUESTRA : P6 - M2

PESO ESPECIFICO

WPic.	WPic.+S.S.	WPic. + H ₂ O + S.H.	WPic.+H ₂ O	p gr/cm ³
10.08	11.07	15.65	15.07	2.41
10.08	10.95	15.59	15.08	2.42
10.08	11.03	15.64	15.08	2.44
RESULTADO				2.42

SUPERFICIE ESPECIFICA

Ws.s.	AM	MBI	CEC	Se
52.62	4.00	0.76	7.60	56.86



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

Anexo III.c.12

PESO ESPECIFICO SUPERFICIE ESPECIFICA

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Febrero - 2013

MUESTRA : P7 - M1

PESO ESPECIFICO

WPic.	WPic.+S.S.	WPic. + H ₂ O + S.H.	WPic.+H ₂ O	ρ gr/cm ³
10.07	11.58	15.94	15.06	2.40
10.08	11.62	15.97	15.06	2.44
10.08	11.66	16.02	15.06	2.55
RESULTADO				2.46

SUPERFICIE ESPECIFICA

Ws.s.	AM	MBI	CEC	Se
57.63	4.00	0.69	6.94	51.92



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.c.13

**PESO ESPECIFICO
SUPERFICIE ESPECIFICA**

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Febrero - 2013

MUESTRA : P8 - M1

PESO ESPECIFICO

WPic.	WPic.+S.S.	WPic. + H ₂ O + S.H.	WPic.+H ₂ O	p gr/cm ³
10.08	10.39	15.25	15.06	2.58
10.08	10.45	15.28	15.06	2.47
10.08	10.45	15.28	15.07	2.31
RESULTADO				2.45

SUPERFICIE ESPECIFICA

Ws.s.	AM	MBI	CEC	Se
55.96	20.00	3.57	35.74	267.33



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.c.14
PESO ESPECIFICO
SUPERFICIE ESPECIFICA

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Febrero - 2013

MUESTRA : P9 - M1

PESO ESPECIFICO

WPic.	WPic.+S.S.	WPic. + H ₂ O + S.H.	WPic.+H ₂ O	ρ gr/cm ³
10.08	10.47	15.30	15.07	2.44
10.08	10.45	15.29	15.06	2.64
10.08	10.51	15.34	15.07	2.69
RESULTADO				2.59

SUPERFICIE ESPECIFICA

Ws.s.	AM	MBI	CEC	Se
50.35	3.50	0.70	6.95	52.00



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.c.15

**PESO ESPECIFICO
SUPERFICIE ESPECIFICA**

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Febrero - 2013

MUESTRA : P9 - M2

PESO ESPECIFICO

WPic.	WPic.+S.S.	WPic. + H ₂ O + S.H.	WPic.+H ₂ O	p gr/cm ³
10.07	10.53	15.34	15.07	2.42
10.08	10.43	15.29	15.07	2.69
10.08	10.56	15.35	15.07	2.40
RESULTADO				2.50

SUPERFICIE ESPECIFICA

Ws.s.	AM	MBI	CEC	Se
53.60	2.00	0.37	3.73	27.91



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

Anexo III.c.16

PESO ESPECIFICO SUPERFICIE ESPECIFICA

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Febrero - 2013

MUESTRA : P10 - M1

PESO ESPECIFICO

WPic.	WPic.+S.S.	WPic. + H ₂ O + S.H.	WPic.+H ₂ O	ρ gr/cm ³
10.08	10.64	15.37	15.07	2.15
10.08	10.47	15.27	15.07	2.05
10.09	10.63	15.37	15.09	2.08
RESULTADO				2.09

SUPERFICIE ESPECIFICA

Ws.s.	AM	MBI	CEC	Se
51.48	7.00	1.36	13.60	101.71



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

Anexo III.c.17

**PESO ESPECIFICO
SUPERFICIE ESPECIFICA**

PROYECTO : CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

OPERADOR : Yetzabel G. Flores Carpio

FECHA : Febrero - 2013

MUESTRA : P10 - M2

PESO ESPECIFICO

WPic.	WPic.+S.S.	WPic. + H ₂ O + S.H.	WPic.+H ₂ O	p gr/cm ³
10.07	10.52	15.33	15.07	2.37
10.08	10.51	15.32	15.07	2.39
10.08	10.49	15.32	15.08	2.41
RESULTADO				2.39

SUPERFICIE ESPECIFICA

Ws.s.	AM	MBI	CEB	Se
50.16	2.50	0.50	4.98	37.28

ANEXO III. d.

RESUMEN DE RESULTADOS



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

Anexo III.d.1

RESUMEN DE PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

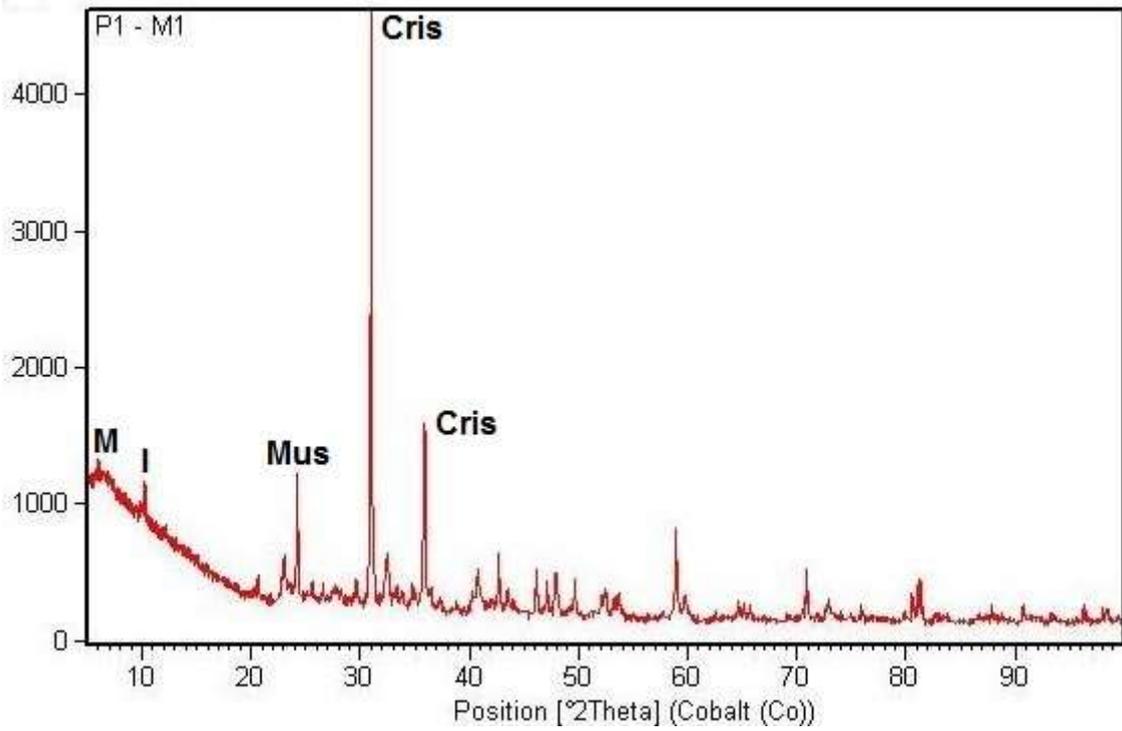
MUESTRA	LIMITES DE ATTENBERG				GRANULOMETRIA				CLACIFICACION SUCS	GRAVEDAD ESPECIFICA	SUPERFICIE ESPECIFICA
	L.L	L.P	L.R	I.P.	G.	A.	F.	Roca			
P1 - M1	67.00	37.21	18.92	29.79	0.09	35.67	64.24	Lutita	MH1	1.94	148.77
P1 - M2	37.37	27.06	26.39	10.31	0.17	45.39	54.44	Limolita	ML	2.38	91.20
P2 - M1	53.14	31.27	24.76	21.86	1.20	42.00	56.80	Lodolita	MH1	2.12	140.77
P2 - M2	63.29	43.77	37.15	19.53	0.57	37.00	62.43	Lodolita	MH1	2.18	98.11
P3 - M1	36.43	23.56	20.17	12.87	0.71	39.97	59.32	Lodolita	CL	2.59	51.23
P4 - M1	48.69	28.75	23.32	19.93	0.00	13.56	86.43	Lodolita	ML	2.30	117.37
P4 - M2	41.07	22.83	18.04	18.24	0.01	7.48	92.51	Lodolita	CL	2.61	41.16
P4 - M3	39.15	22.08	11.60	17.07	0.00	31.86	68.14	Lodolita	CL	2.44	37.82
P5 - M1	68.90	45.90	47.26	23.00	0.71	39.97	59.32	Lutita	MH1	2.44	135.83
P6 - M1	44.53	37.02	35.96	7.51	0.04	16.76	83.20	Lodolita	ML	2.50	27.73
P6 - M2	51.09	33.20	44.65	17.89	0.00	12.10	87.89	Lodolita	MH1	2.42	56.86
P7 - M1	--	--	--	--	1.89	58.06	40.05	Arena fina	SM	2.46	51.92
P8 - M1	55.19	26.18	21.25	29.01	0.00	20.87	79.12	Lutita	CH1	2.45	267.33
P9 - M1	38.90	28.46	31.12	10.45	0.03	51.42	48.55	Arenisca	SM	2.59	52.00
P9 - M2	35.83	22.48	23.44	13.36	0.02	52.85	47.13	Arenisca	SC	2.50	27.91
P10 - M1	66.04	44.86	29.98	21.18	0.00	37.49	62.50	Lodolita	MH1	2.09	101.71
P10 - M2	35.45	24.05	22.81	11.39	0.01	44.50	55.49	Lodolita	CL	2.39	37.28

ANEXO III. e.

DIFRACTOMETRÍA

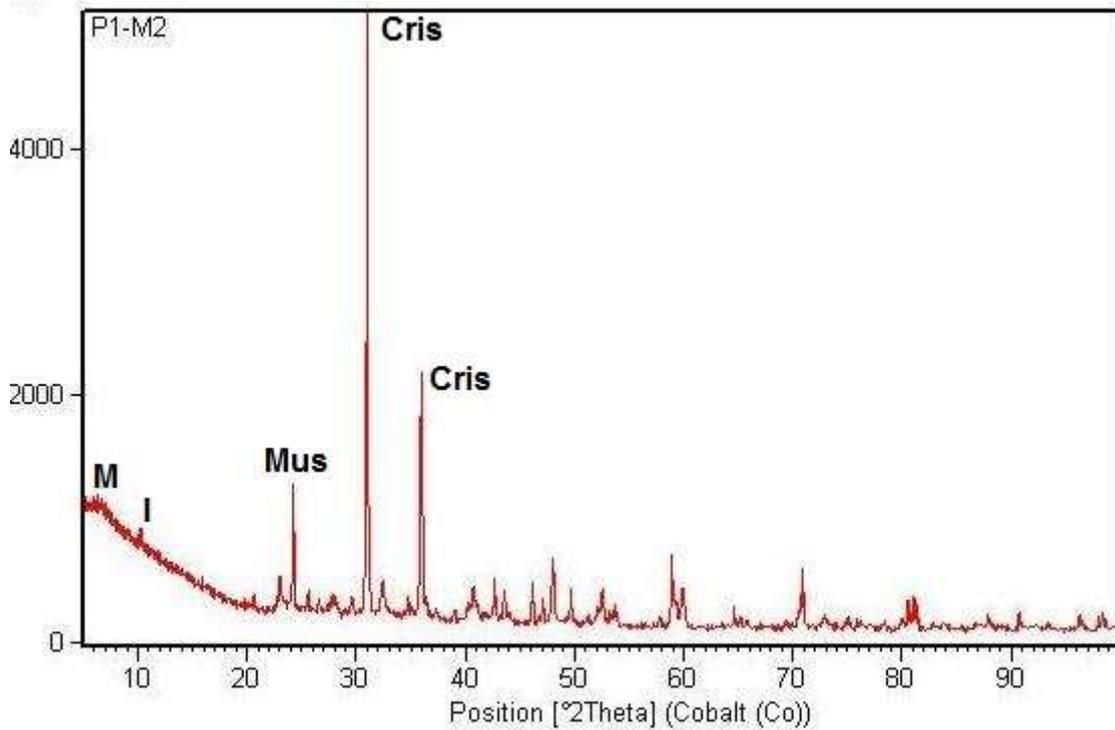
ANEXO III.e.1

DIFRACTOGRAMA MUESTRA P1-M1



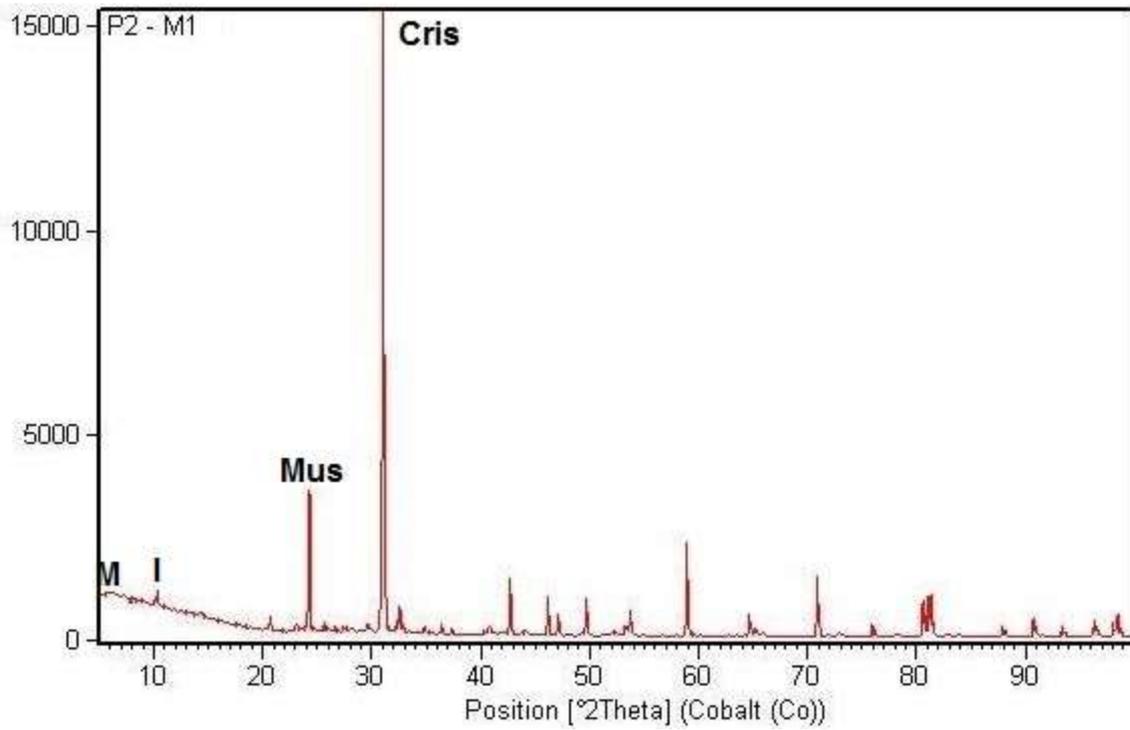
ANEXO III.e.2

DIFRACTOGRAMA MUESTRA P1-M2



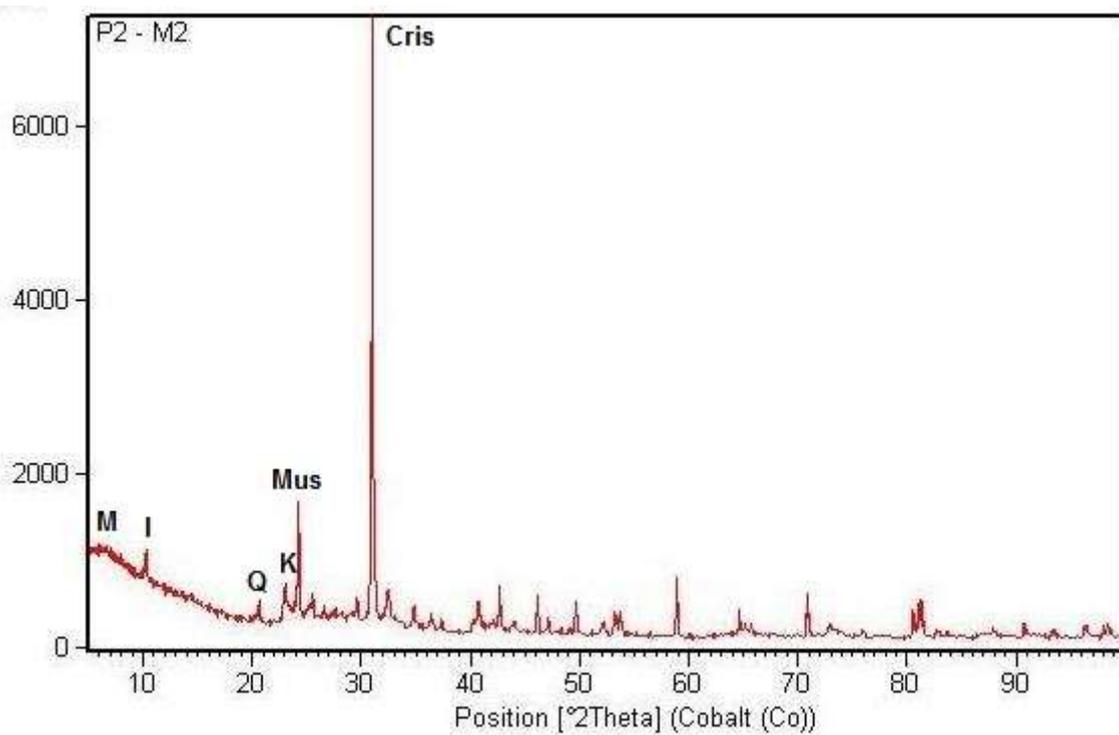
ANEXO III.e.3

DIFRACTOGRAMA MUESTRA P2-M1



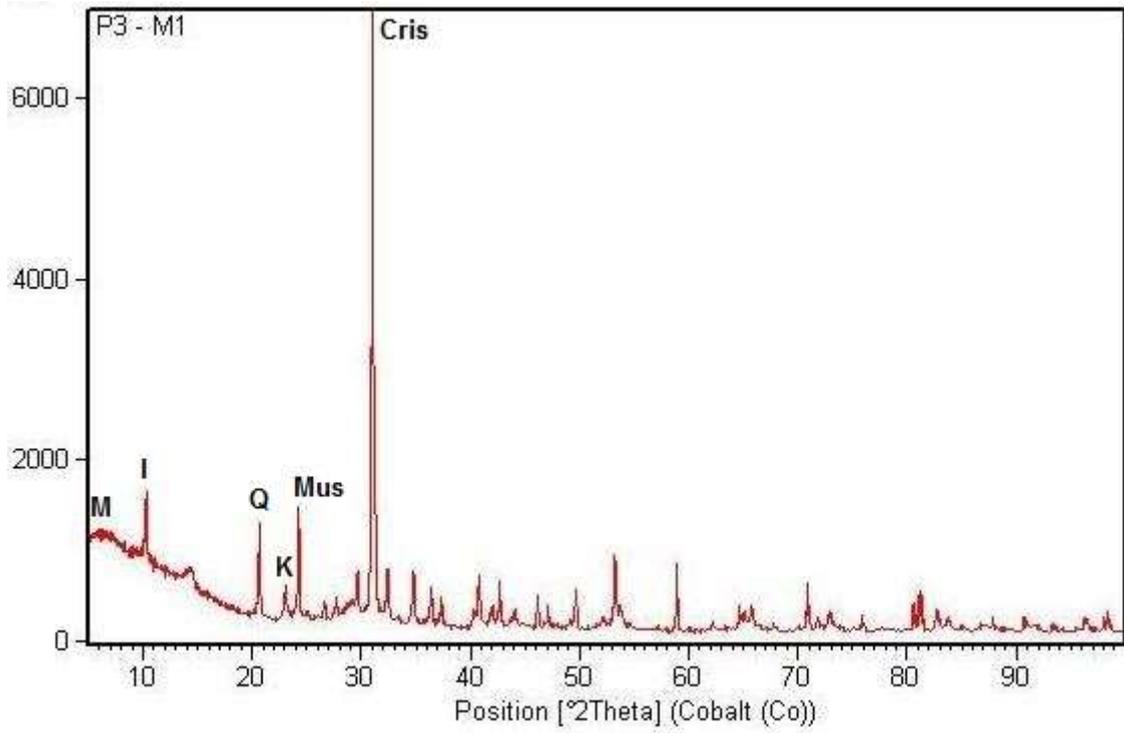
ANEXO III.e.4

DIFRACTOGRAMA MUESTRA P2-M2



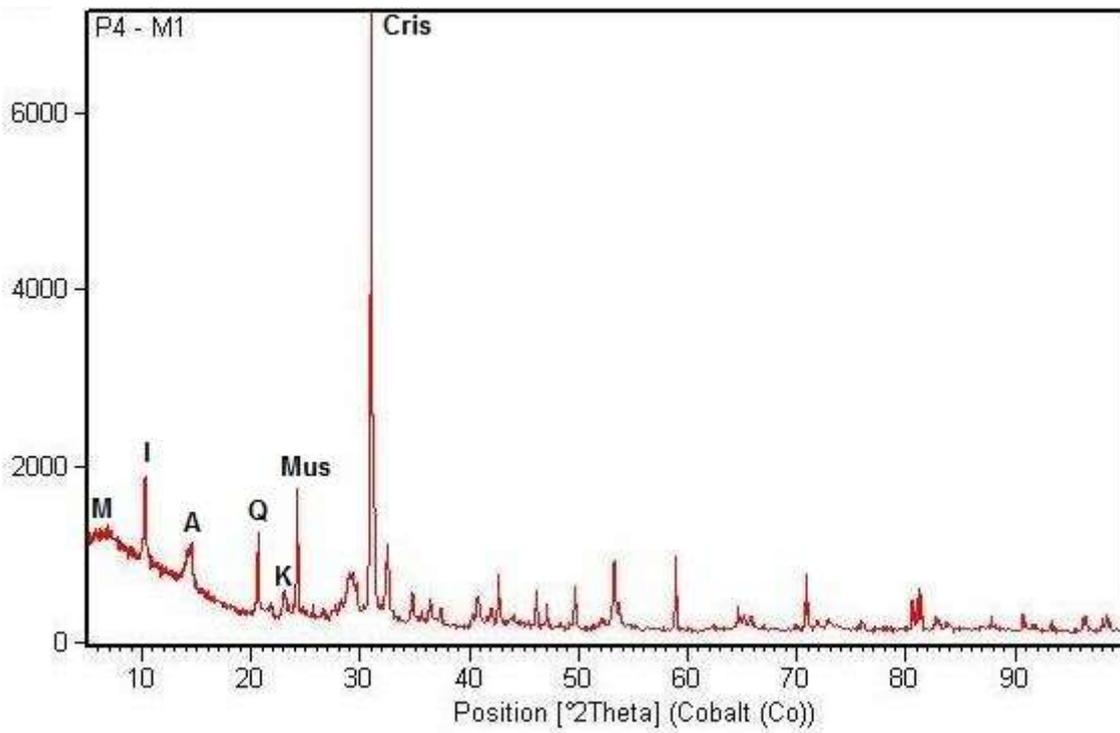
ANEXO III.e.5

DIFRACTOGRAMA MUESTRA P3-M1



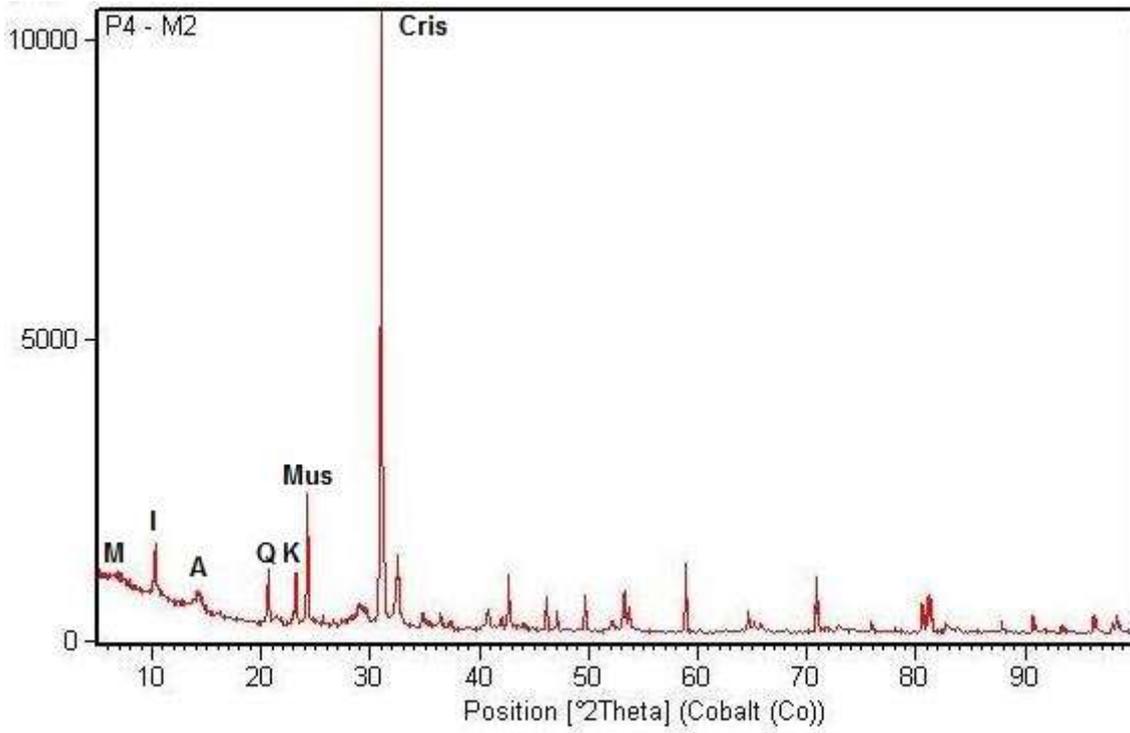
ANEXO III.e.6

DIFRACTOGRAMA MUESTRA P4-M1



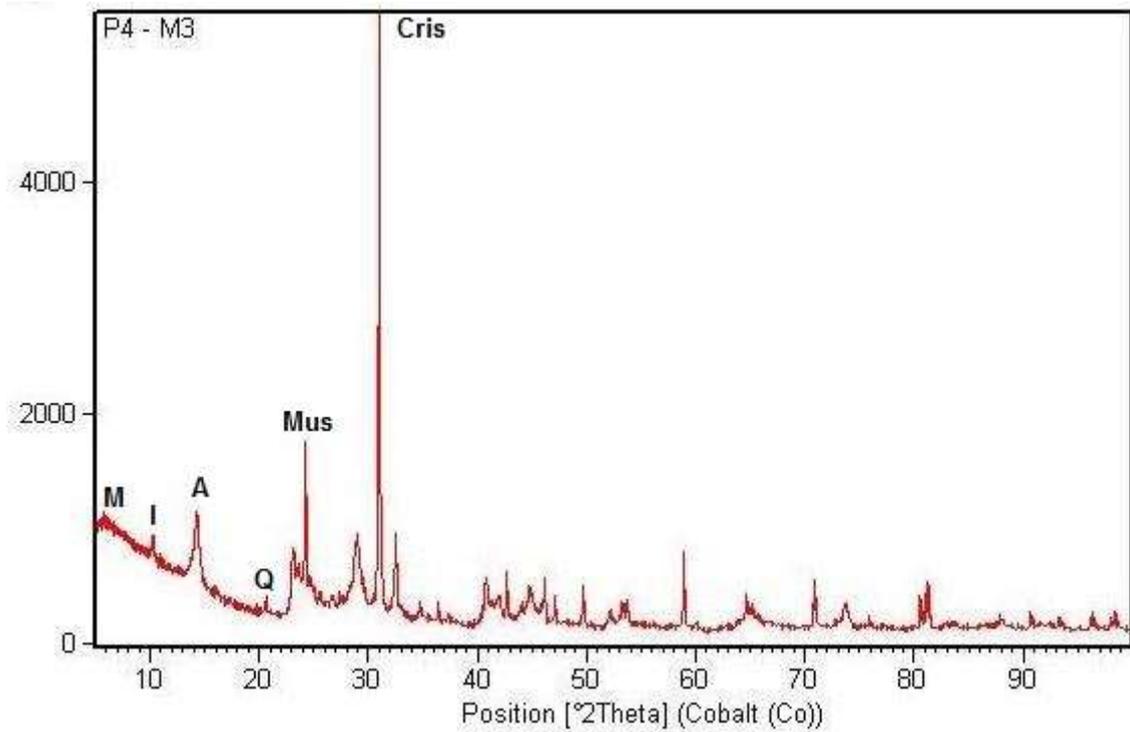
ANEXO III.e.7

DIFRACTOGRAMA MUESTRA P4-M2



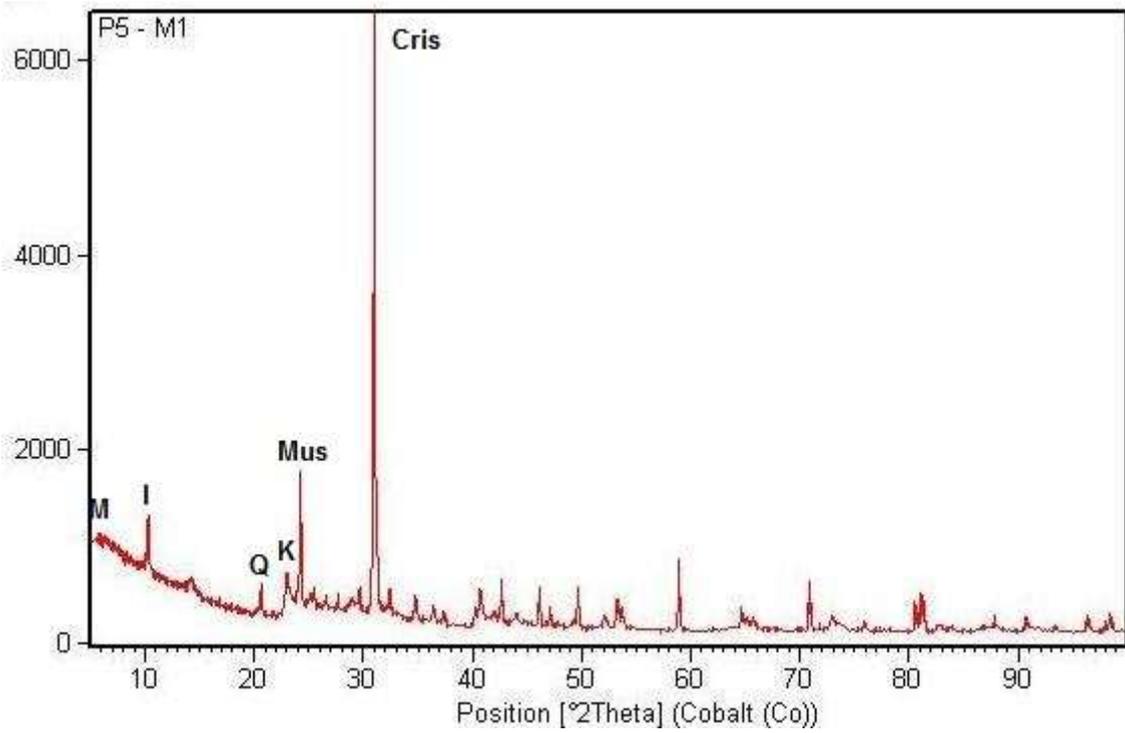
ANEXO III.e.8

DIFRACTOGRAMA MUESTRA P4-M3



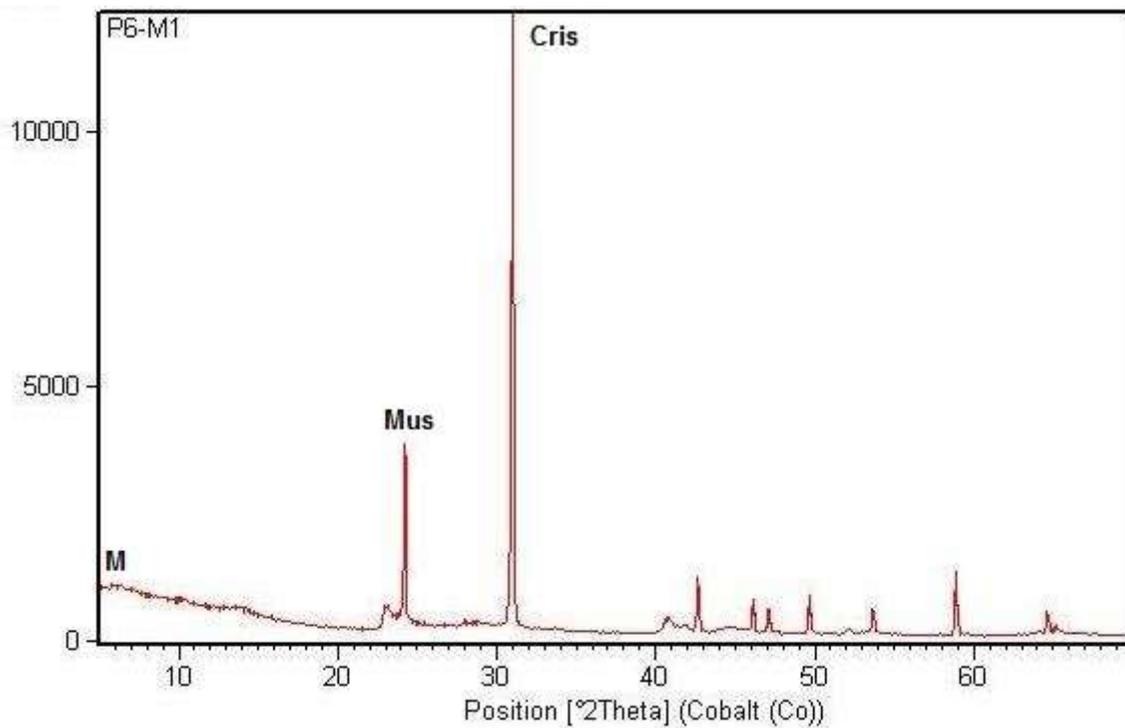
ANEXO III.e.9

DIFRACTOGRAMA MUESTRA P5-M1



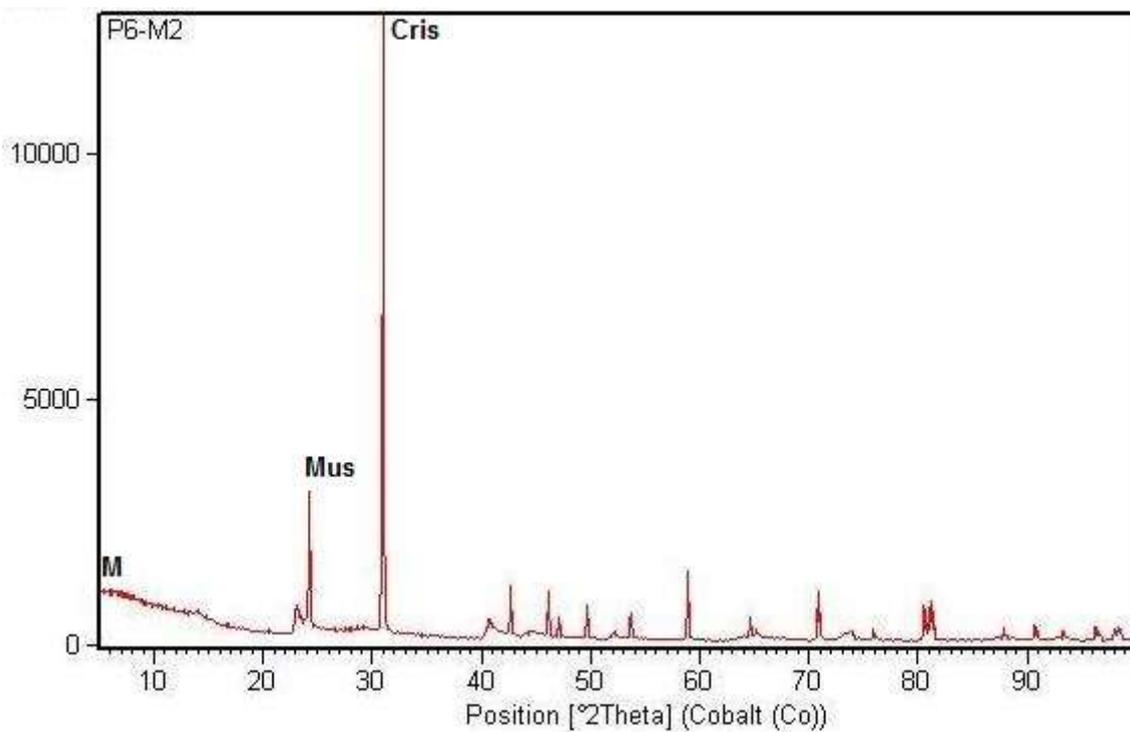
ANEXO III.e.10

DIFRACTOGRAMA MUESTRA P6-M1



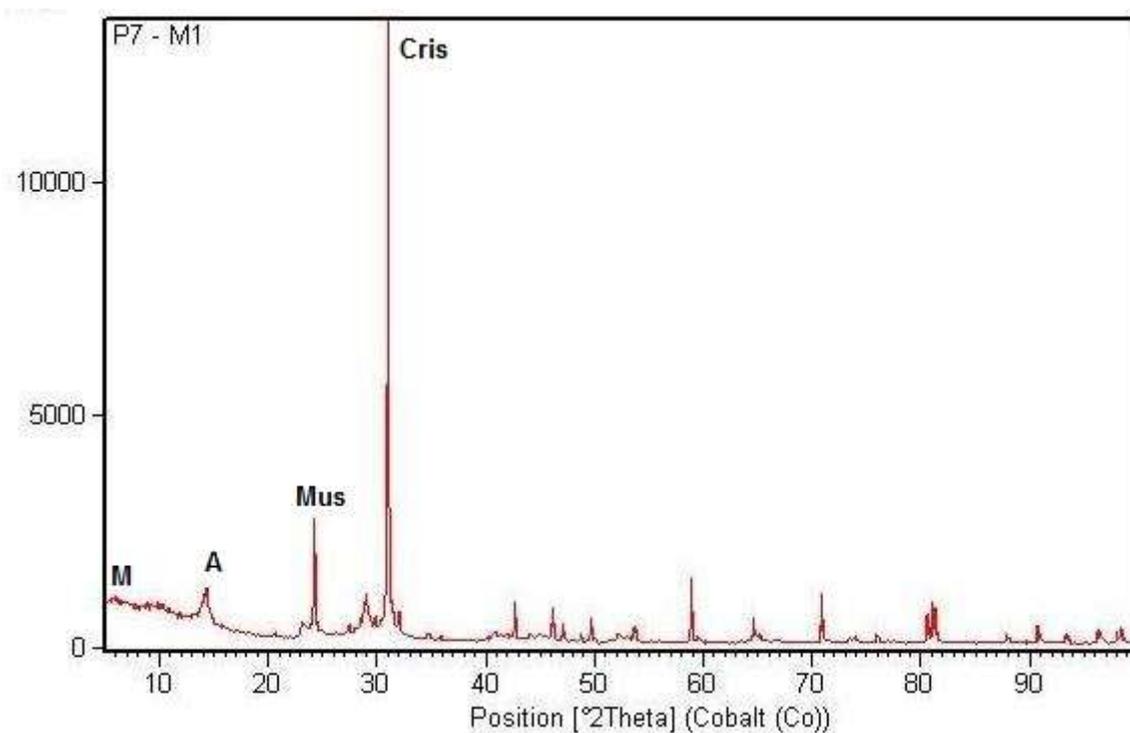
ANEXO III.e.11

DIFRACTOGRAMA MUESTRA P6-M2



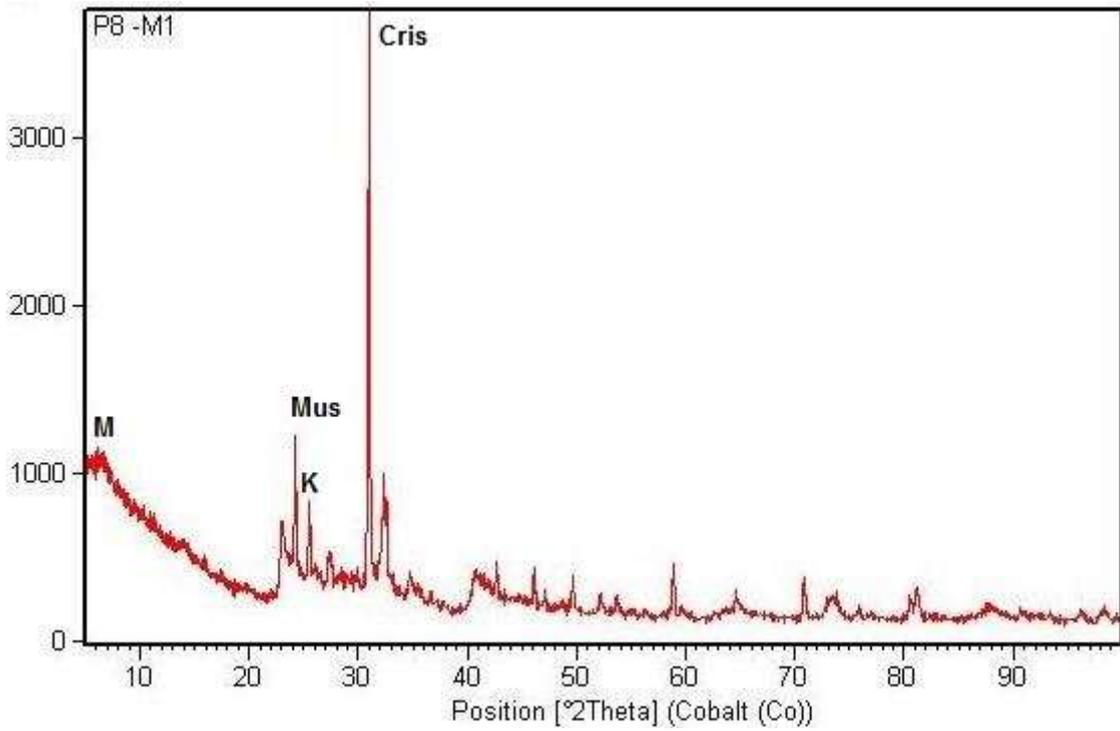
ANEXO III.e.12

DIFRACTOGRAMA MUESTRA P7-M1



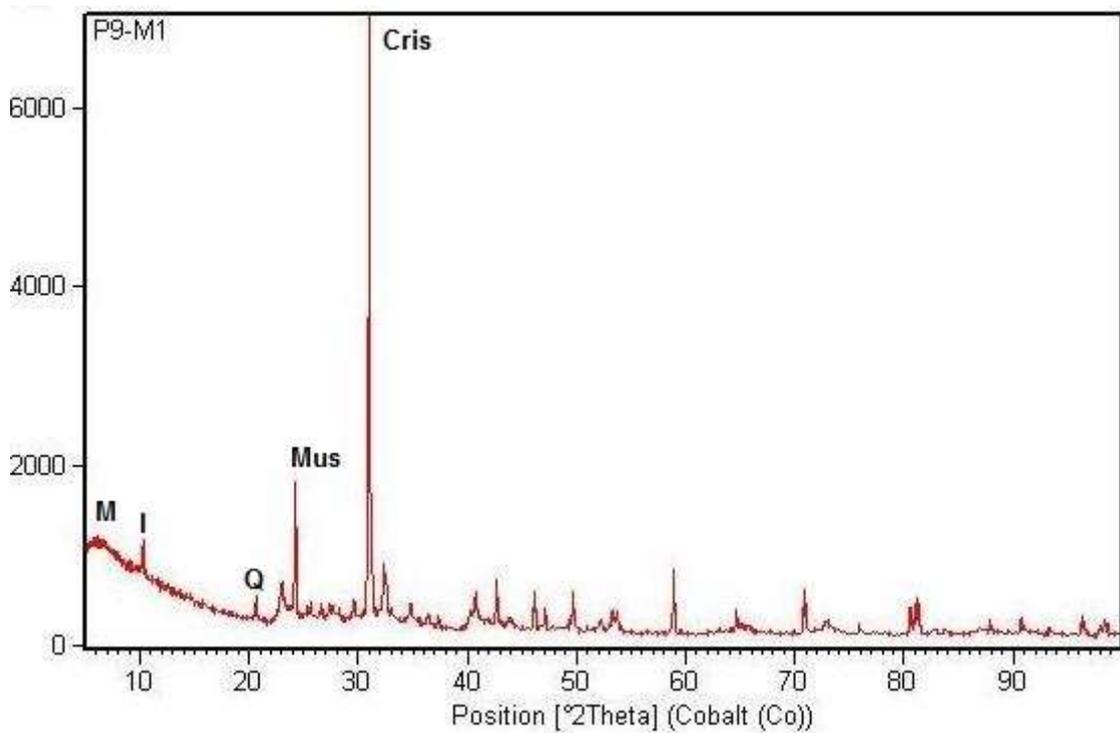
ANEXO III.e.13

DIFRACTOGRAMA MUESTRA P8-M1



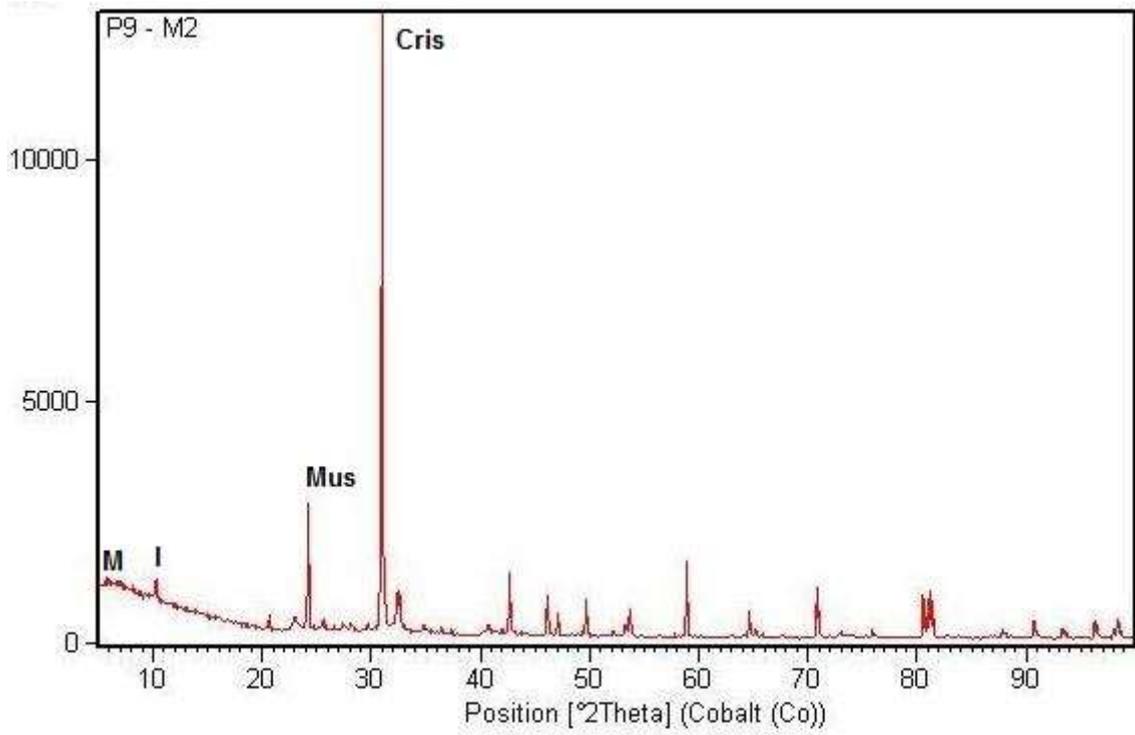
ANEXO III.e.14

DIFRACTOGRAMA MUESTRA P9-M1



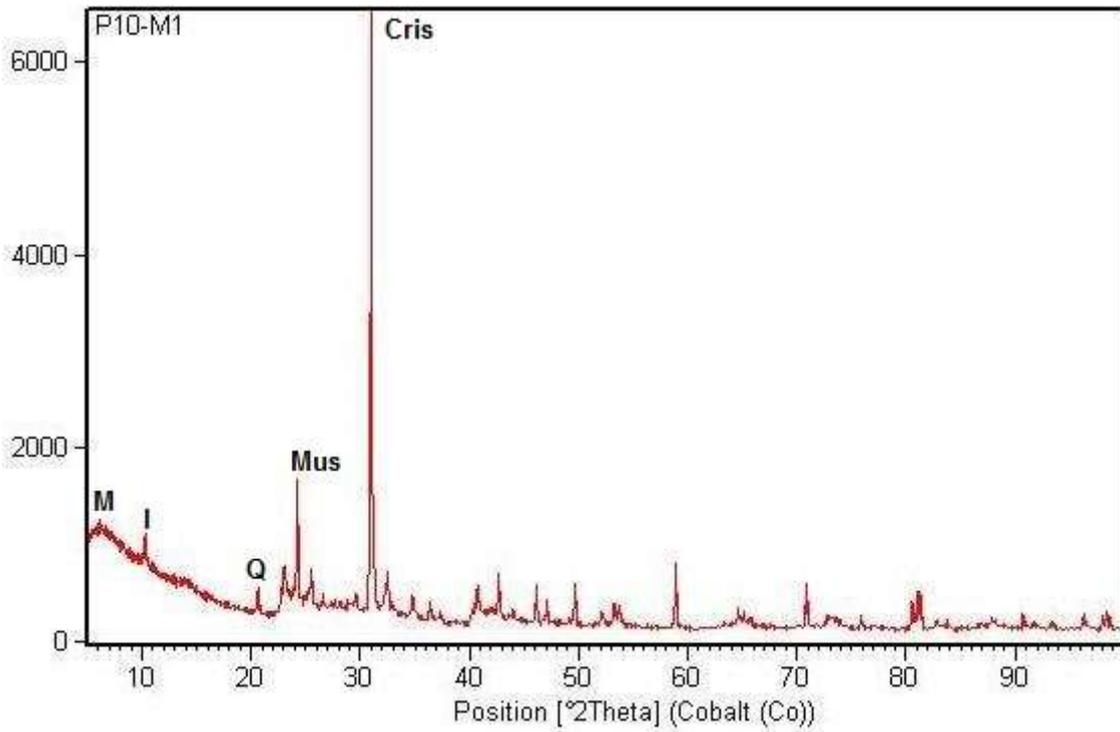
ANEXO III.e.15

DIFRACTOGRAMA MUESTRA P9-M2



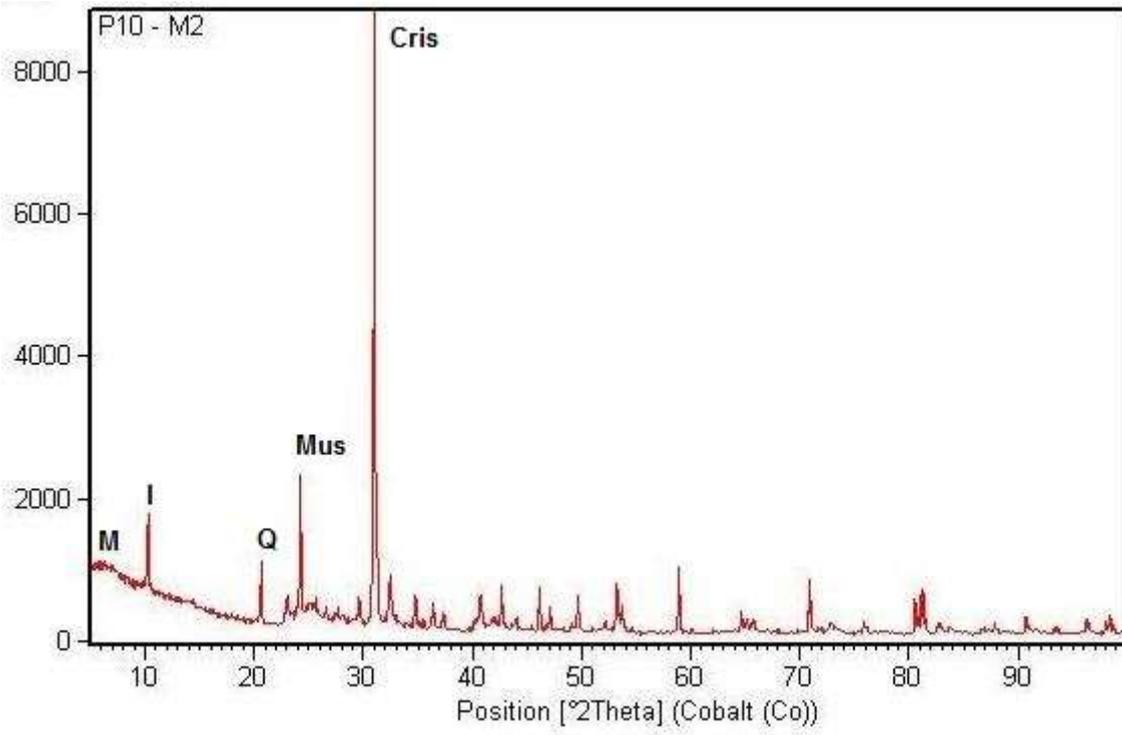
ANEXO III.e.16

DIFRACTOGRAMA MUESTRA P10-M1



ANEXO III.e.17

DIFRACTOGRAMA MUESTRA P10-M2



ANEXO III. f.

FLUORESCENCIA



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

Anexo III.f.1

FLUORESCENCIA DE RAYOS X PORCENTAJE EN OXIDOS

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

MUESTRA	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	TOTAL
P1M2	56.2151712	12.7260321	3.2412146	12.3279882	11.8162174	1.17138633	2.1835551	0.31843512	100
P2M2	73.3613054	17.3706294	3.13286713	1.09090909	1.37062937	0.98834499	2.19114219	0.49417249	100
P3M1	61.549662	28.4139366	4.71138846	1.25845034	1.98647946	0.8424337	0.8424337	0.39521581	100
P4M1	60.0436465	24.9677611	5.9319512	1.1903581	2.58902887	1.42842972	3.24372582	0.6050987	100
P4M2	63.8714117	20.1926858	7.8647267	1.23869446	2.06449076	1.48446716	2.60519072	0.67833268	100
P4M3	57.3539977	32.2590578	4.75212973	1.29323617	1.17007082	1.14954326	1.27270861	0.74925588	100
P5M1	71.5125095	19.3328279	3.30742987	1.09931766	1.26990144	0.77710387	2.19863533	0.50227445	100
P6M1	68.9185243	25.0851747	2.40436095	1.23625037	0.34069892	0.70086635	1.18757909	0.12654531	100
P6M2	66.8307277	28.1509361	1.43794634	1.05192048	0.2702181	0.68519591	1.43794634	0.13510905	100
P8M1	66.1205961	22.1059903	4.01657949	2.00335537	1.74676799	1.39149314	1.75663673	0.85858087	100
P9M1	69.5702784	15.4622175	4.6852265	1.95945291	3.97710738	1.08642933	2.81307595	0.44621205	100
P9M2	74.6888761	14.244687	2.88148574	1.40723722	2.83362052	1.27321463	2.06777714	0.60310167	100
P10M1	68.9131282	19.8480717	5.0058434	1.16867939	1.59719517	0.9641605	1.95753798	0.54538372	100
P10M2	70.5740069	19.1087543	2.97702112	1.0326542	1.47920737	1.18150526	3.21890408	0.42794679	100



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

Anexo III.f.2

FLUORESCENCIA DE RAYOS X PORCENTAJE ELEMENTAL

CARACTERIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE LAS ARCILLAS DE LA
FRANJA DE DIRECCION NE-SE DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA
SEDIMENTARIA MIOCENICA DE LOJA

MUESTRA	Si	Al	Fe	Ca	Mg	Na	K	Ti	O	TOTAL
P1M2	26.279	3.367	1.134	8.811	7.125	0.434	0.907	0.191	51.753	100
P2M2	34.294	4.597	1.096	0.780	0.826	0.367	0.910	0.296	56.835	100
P3M1	28.772	7.519	1.648	0.899	1.198	0.312	0.350	0.237	59.065	100
P4M1	28.068	6.607	2.075	0.851	1.561	0.530	1.347	0.363	58.599	100
P4M2	29.858	5.343	2.750	0.885	1.245	0.551	1.082	0.407	57.880	100
P4M3	26.811	8.536	1.662	0.924	0.706	0.426	0.528	0.449	59.957	100
P5M1	33.430	5.116	1.157	0.786	0.766	0.288	0.913	0.301	57.244	100
P6M1	32.217	6.638	0.841	0.884	0.205	0.260	0.493	0.076	58.386	100
P6M2	31.241	7.449	0.503	0.752	0.163	0.254	0.597	0.081	58.960	100
P8M1	30.909	5.850	1.405	1.432	1.053	0.516	0.729	0.515	57.591	100
P9M1	32.522	4.092	1.639	1.400	2.398	0.403	1.168	0.267	56.111	100
P9M2	34.914	3.769	1.008	1.006	1.709	0.472	0.859	0.361	55.902	100
P10M1	32.215	5.252	1.751	0.835	0.963	0.358	0.813	0.327	57.487	100
P10M2	32.991	5.056	1.041	0.738	0.892	0.438	1.337	0.257	57.250	100

ANEXO IV. REGISTRO FOTOGRÁFICO

- a. Trabajo de campo
- b. Ensayos de laboratorio
- c. Rocas

ANEXO IV. a.

TRABAJO DE CAMPO

ANEXO IV.a.1
CUENCA SEDIMENTARIA DE LOJA

Vista de Loja desde la vía a Cuenca, Barrio Salapa.



Vista de la Cuenca de Loja desde el Barrio Las Palmeras



Vista de la Cuenca de Loja desde el Barrio El Paraíso.



ANEXO IV.a.2

PUNTO 1

Afloramiento del Punto 1



Punto 1, muestra P1-M1 (a) y muestra P1-M2(b)



(a)



(b)

ANEXO IV.a.3

PUNTO 2

Afloramiento del Punto 2



Punto 2, muestra P2-M1 (a) y muestra P2-M2(b)



(a)



(b)

ANEXO IV.a.4

PUNTO 3

Afloramiento del Punto 3



Punto 3, muestra P3-M1



ANEXO IV.a.5

PUNTO 4

Afloramiento del Punto 4



Afloramiento del Punto 4



ANEXO IV.a.6

PUNTO 5

Afloramiento del Punto 5



Punto 5, muestra P5-M1



ANEXO IV.a.7

PUNTO 6

Afloramiento del Punto 6



Punto 6, acercamiento a la litología.



ANEXO IV.a.8

PUNTO 7

Afloramiento del Punto 7



Punto 7, muestra P7-M1



ANEXO IV.a.9

PUNTO 8

Afloramiento del Punto 8



Afloramiento del Punto 8



ANEXO IV.a.10

PUNTO 9

Afloramiento del Punto 9



Afloramiento 9, lutitas calcáreas y limolitas.



ANEXO IV.a.11

PUNTO 10

Afloramiento del Punto 10



Afloramiento del Punto 10



ANEXO IV. b.

ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra empleadas para la realización del ensayo del límite de retracción



Muestras de arcillas sometidas a saturación para el ensayo de límite líquido y límite plástico.



Ensayo del límite de retracción.



Muestras disueltas en agua destilada, antes del ensayo de absorción de azul de metileno.



Muestras disueltas en agua destilada, después de finalizado el ensayo de absorción de azul de metileno.



Realización del ensayo de absorción de azul de metileno.



Preparación previa de las muestras, lavando de las muestras con agua oxigenada.



Muestras después de lavadas y sedimentadas puestas en la estufa a secar.



Lavado de las muestras con agua destilada luego de la disolución de carbonatos empleando ácido clorídrico al 10%



Difractometro X'Pert PRO con detector XÇeletator



Implementos y muestra lista para realizar difracción.



Muestra extraída del difractómetro



ANEXO IV. c.

ROCAS

Muestra P1-M1. Arcillas grises de alta fisibilidad.



Muestra P1-M2. Limolitas de color gris y relleno de óxidos en las discontinuidades.



Muestra P2-M1. Limolitas de color gris.



Muestra P2-M2. Limolitas con azufre en las discontinuidades de las laminaciones.



Muestra P3-M1. Lodolitas plásticas.



Muestra P4-M1. Limolitas grises con vetillas de turba, carbón y óxidos.



Muestra P4-M2. Estratos de granulometría fina con una coloración naranja por las oxidaciones.



Muestra P4-M3. Limonitas grises.



Muestra P5-M1. Lutitas grises laminadas



Muestra P6-M1. Arcillas masivas con tinte naranja por la presencia de oxidaciones



Muestra P6-M2. Arcillas masivas de color blanco.



Muestra P7-M1. Materiales de granulometría media a fina, productos hipergénicos.



Muestra P8-M1. Lutitas calcáreas.

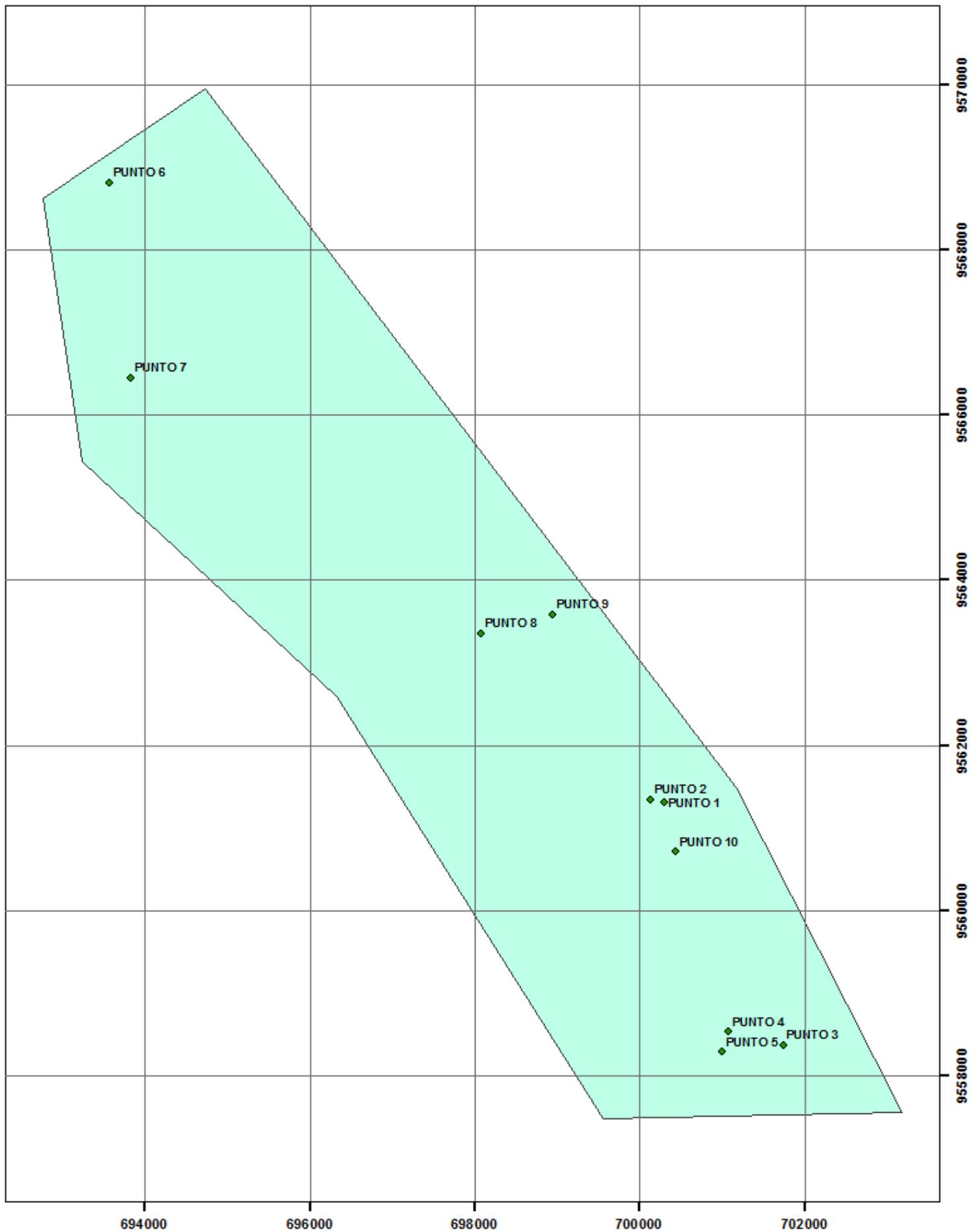


ANEXO V. MAPAS

- a. Mapa de ubicación de afloramientos
- b. Mapa vial de recorrido
- c. Mapa geológico regional
- d. Mapa hidrológico
- e. Mapa de zonas preferenciales

ANEXO V. a.

MAPA DE UBICACIÓN DE AFLORAMIENTOS



UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE EXPLORACIÓN



LEYENDA

- ◆ Puntos de ubicación
- Área de exploración

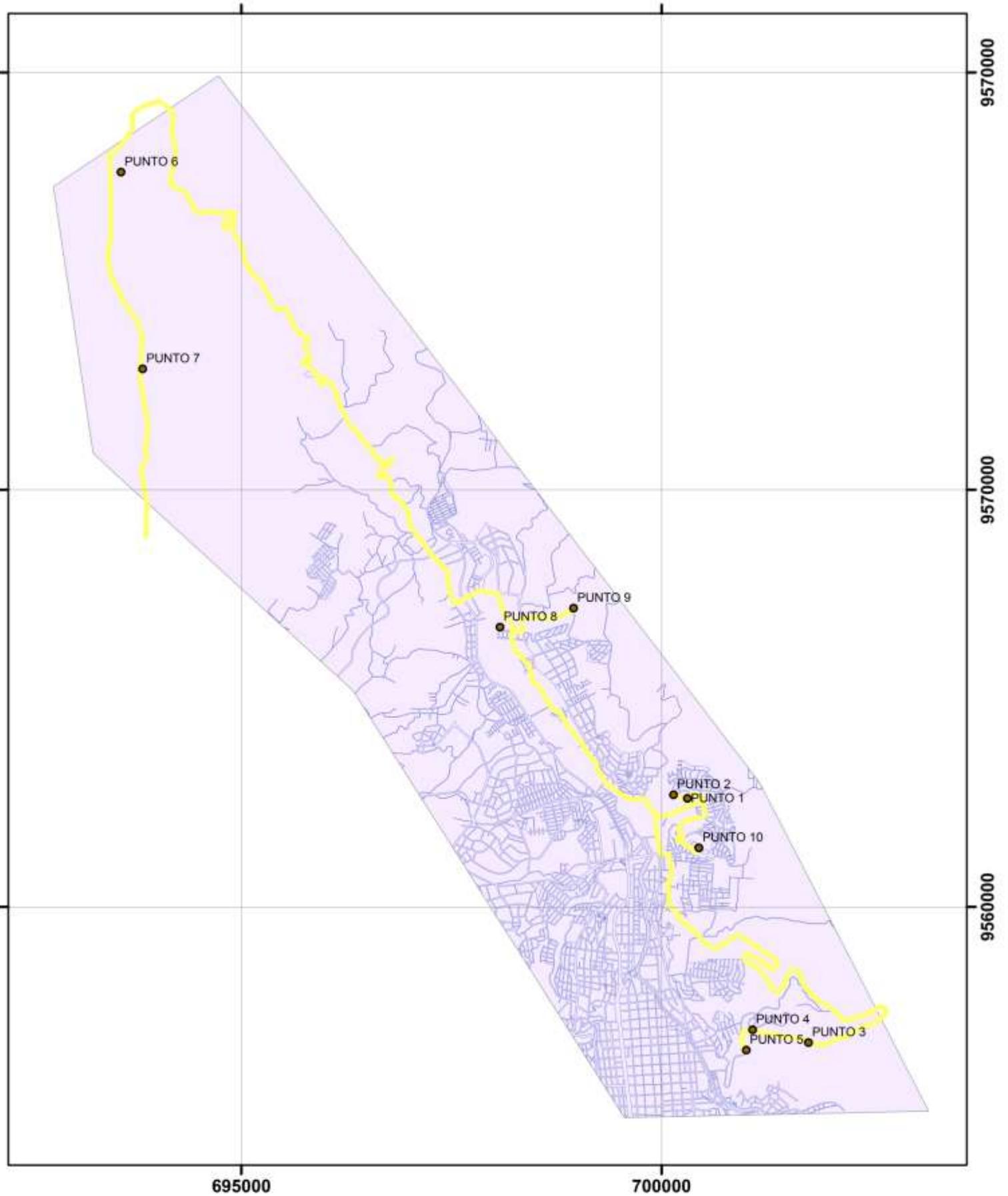
1:60.000



Datum WGS 84

ANEXO V. b.

MAPA VIAL DE RECORRIDO

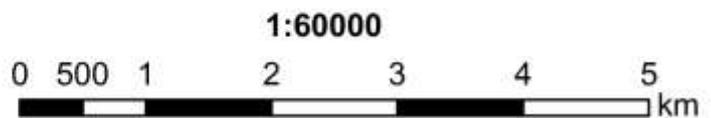


RECORRIDO DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS



LEYENDA

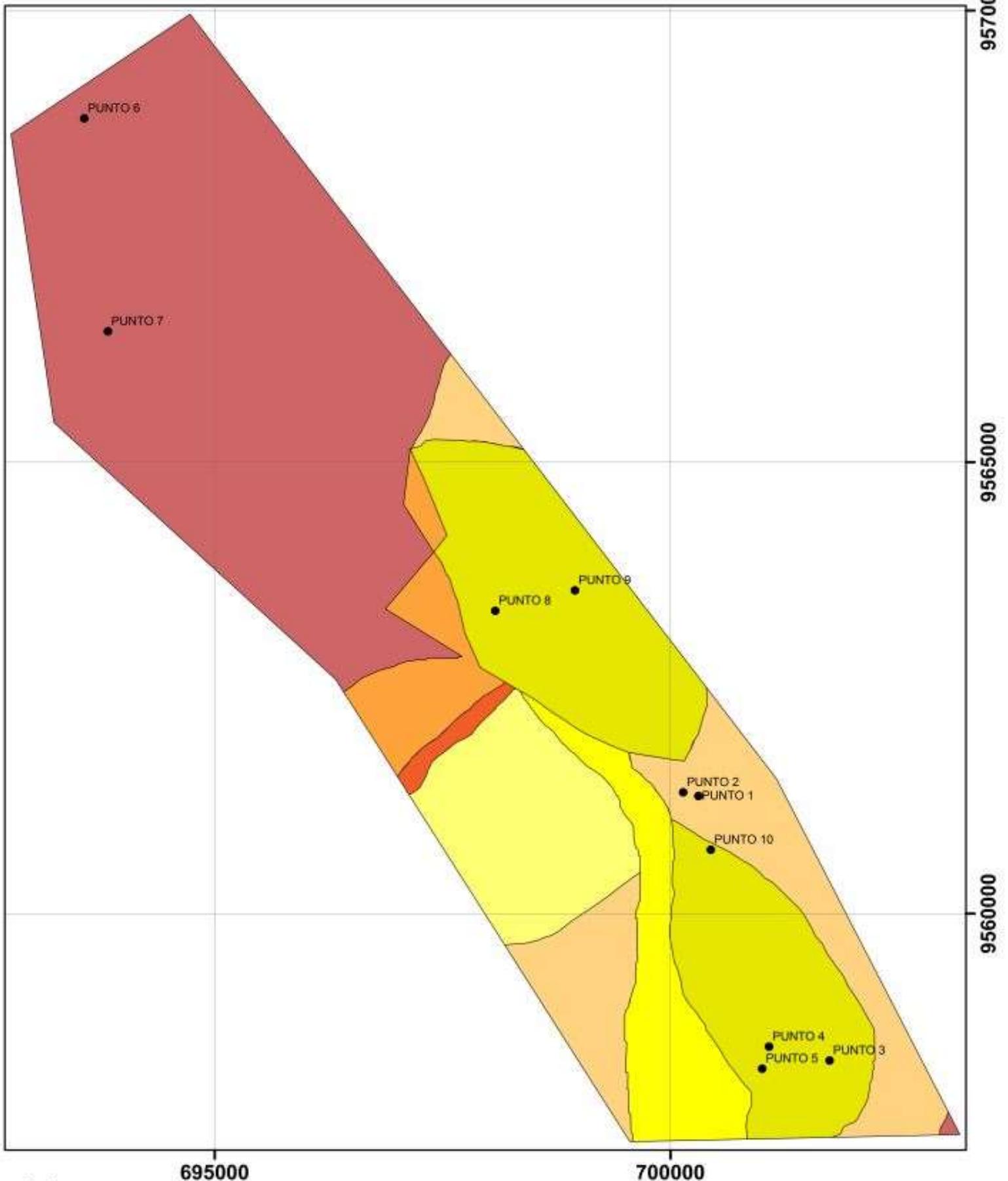
- Puntos de ubicación
- Recorrido
- Calles
- Area de exploracion



Datum WGS 84

ANEXO V. c.

MAPA GEOLÓGICO REGIONAL



LEYENDA

- Unidad Chigüinda
- Formación San Cayetano
- Formación Labanda
- Formación Belén
- Formación Trigal
- Formación Quillolaco
- Aluvial
- Puntos de ubicación

MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO



Datum WGS 84

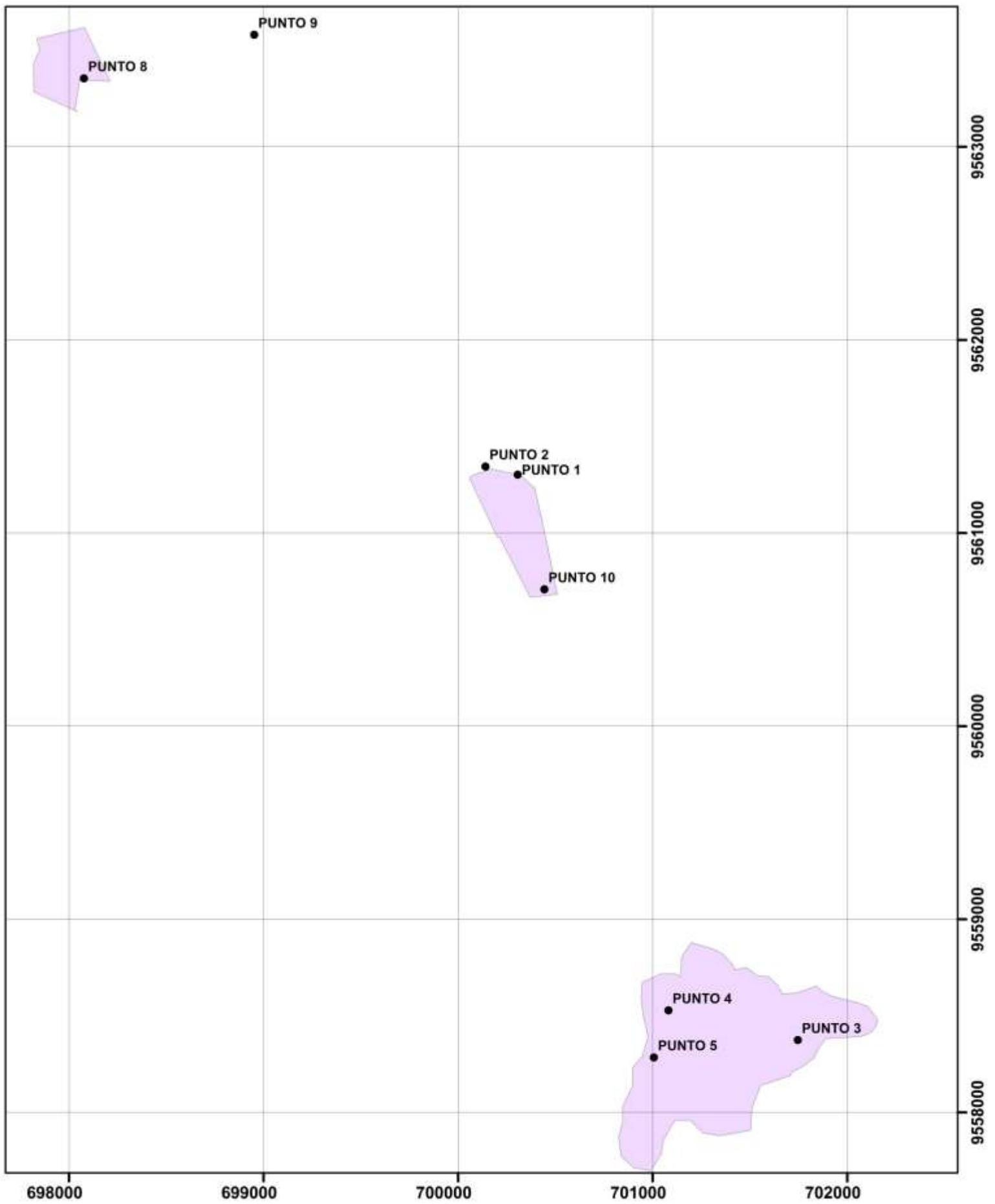
Basando en Mapa Geológico Preliminar de la Hoya de Loja

ANEXO V. d.

MAPA HIDROLÓGICO

ANEXO V. e.

MAPA DE ZONAS PREFERENCIALES



LEYENDA

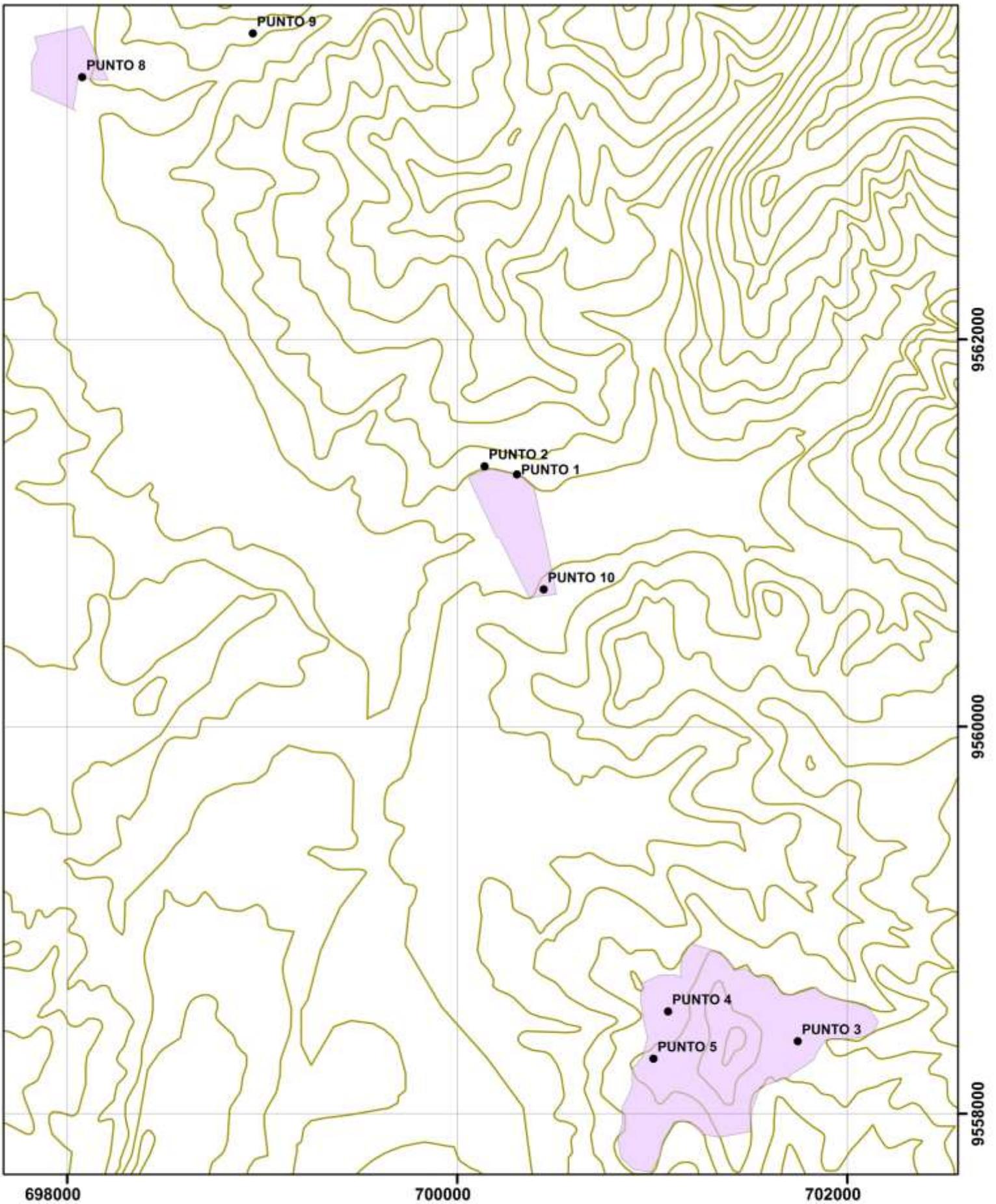
- Puntos de ubicacion
-  Zonas preferenciales

MAPA DE ZONAS DE INTERÉS

1:25000



Datum WGS 84



LEYENDA

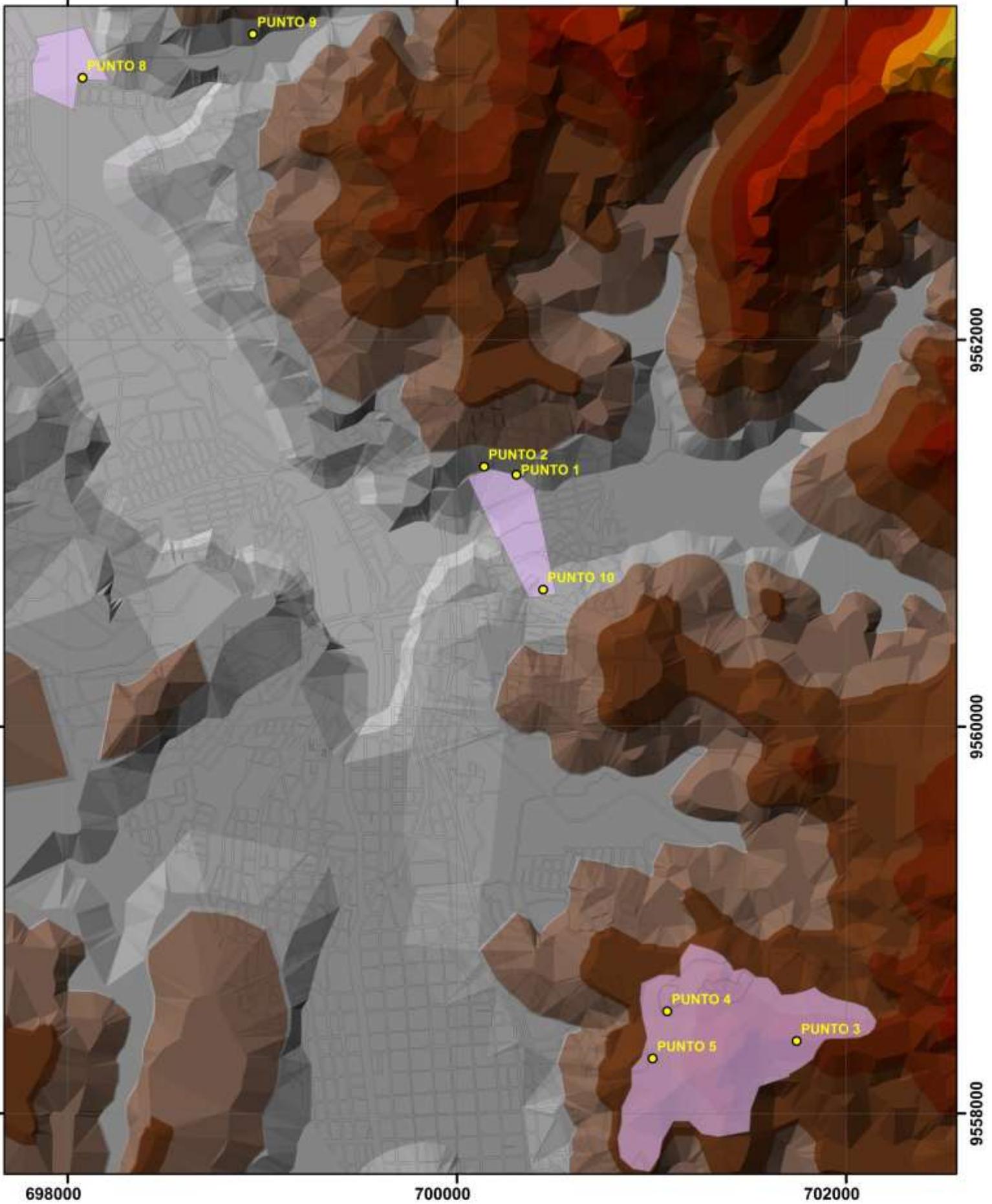
- Puntos de ubicacion
- Zonas preferenciales
- Curvas de nivel

MAPA DE ZONAS DE INTERÉS

1:25000



Datum WGS 84



LEYENDA

-  Puntos de ubicacion
-  Zonas preferenciales

MAPA DE ZONAS DE INTERÉS

1:25000



Datum WGS 84