



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

“La Universidad Católica de Loja”

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

Caracterización geológica, propiedades físicas mecánicas, calcinación y filtración de las diatomitas del sector de Angostura, pueblo de Villingota (Santa Elena – Ecuador).

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR: Sánchez Calle, César Luciano

DIRECTOR: Guartán Medina, José Arturo Msc.

LOJA – ECUADOR

2017



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2017

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Máster.

José Arturo Guartán Medina

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

El presente trabajo de titulación: Caracterización geológica, propiedades físicas mecánicas, calcinación y filtración de las diatomitas del sector de Angostura, pueblo de Villingota (Santa Elena – Ecuador) realizado por César Luciano Sánchez Calle ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por tanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, marzo de 2017

f).....

M. Sc. José Arturo Guartán Medina

DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo César Luciano Sánchez Calle declaro ser autor del presente trabajo de titulación: Caracterización geológica, propiedades físicas mecánicas, calcinación y filtración de las diatomitas del sector de Angostura, pueblo de Villingota (Santa Elena – Ecuador), de la Titulación de geología y minas, siendo el Msc. José Arturo Guartán Medina director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones 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. 88 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 o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.....

Autor: Cesar Luciano Sánchez Calle

Cédula: 0704969187

DEDICATORIA

A mi familia, hermanas, primos, tíos, y abuelos;

A mis padres Julia y Rodrigo.

Y en especial a mi padrino

Ángel Peña.

AGRADECIMIENTO

A mi director de tesis,
Msc. José A. Guartán Medina

Y a todos aquellos que colaboraron de una u otra manera
para que este trabajo sea posible.

ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	i
CESIÓN DE DERECHOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	ix
RESÚMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
ANTECEDENTES	5
JUSTIFICACIÓN	6
OBJETIVOS.....	8
General.....	8
Específicos	8
CAPÍTULO I.....	9
1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	9
1.1 Marco Geográfico.....	10
1.2 Ubicación del polígono de trabajo.....	12
1.3 Acceso	13
1.4 Relieve	14
1.5 Clima.....	15
1.6 Vegetación	16
1.7 Hidrología.....	16
1.8 Cobertura de suelos	17
1.9 Recursos naturales no renovables	18
CAPITULO II.....	21
2 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	21
2.1 Trabajo previo, de campo y de gabinete.....	22

2.1.1	Recopilación de información.....	22
2.1.2	Levantamiento geológico.....	22
2.1.3	Toma e identificación de muestras	22
2.1.4	Equipo utilizado	23
2.1.5	Trabajo de gabinete.....	23
2.2	Trabajo de laboratorio	23
2.2.1	Caracterización de diatomitas.....	23
CAPITULO III		25
3	MARCO TEÓRICO	25
3.1	Diatomitas	26
3.1.1	Introducción.....	26
3.1.2	Definición.....	26
3.1.3	Características.....	27
3.1.4	Ambiente de depositación	27
3.1.5	Litificación y diagénesis.....	28
3.1.6	Clasificación	31
3.1.7	Aplicaciones	32
CAPITULO IV.....		35
4	GEOLOGÍA.....	35
4.1	Geología de la zona de estudio	36
4.1.1	Geología regional	36
4.1.2	Geología local	38
CAPITULO V.....		44
5	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	44
5.1	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA.....	45
5.2	CALCULO DE RESERVAS	46
5.3	CARACTERIZACIÓN FÍSICA.....	47
5.3.1	Contenido de humedad	47
5.3.2	Densidad	48
5.3.3	Granulometría	49
5.3.4	Calcinación.....	50
5.3.5	Porosidad	50
5.3.6	Ensayo uniaxial	50
5.3.7	Análisis Microscópico	51

5.4	CARACTERIZACIÓN QUÍMICA	55
5.4.1	Fluorescencia de Rayos X.....	55
5.5	CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA	57
5.5.1	Difractometría de Rayos X.....	57
6	CONCLUSIONES	60
7	RECOMENDACIONES	63
8	BIBLIOGRAFÍA	64
9	ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas del polígono de estudio	13
Tabla 2. Relieve que presenta la Parroquia Rural Chanduy.....	15
Tabla 3. Cuencas hidrográficas de la Parroquia Rural Chanduy	17
Tabla 4. Cobertura de Suelos - Provincia de Sta. Elena	18
Tabla 5. Recursos naturales no renovables de la Parroquia Rural Chanduy.....	19
Tabla 6. Diatomitas, Hábitat y factores que afectan la formación marina y lacustre- continental de los depósitos de diatomitas.	30
Tabla 7. Formaciones geológicas que presenta la Parroquia Rural Chanduy	37
Tabla 8. Datos de las reservas de cada cantera	47
Tabla 9. Tabla de densidades de yacimientos de diatomitas	49
Tabla 10. Escala Granulométrica usada para Geología	49
Tabla 11. Datos ensayo de fluorescencia	56
Tabla 12. Composición mineralogía de las diatomitas	59
Tabla 13. Coordenadas de puntos de estudio para delimitación de canteras.....	75
Tabla 14. Puntos de referencia de afloramientos y calicatas de la zona de estudio.	76
Tabla 15. Datos del ensayo de contenido de humedad Muestra-M1	78
Tabla 16. Datos del ensayo de contenido de humedad Muestra-M3.....	78
Tabla 17. Datos ensayo de densidad Muestra M1	80
Tabla 18. Datos ensayo de densidad Muestra M3	81
Tabla 19. Datos del ensayo de Calcinación	88
Tabla 20. Datos del ensayo de porosidad	92
Tabla 21. Datos ensayo uniaxial Muestra M-1	100
Tabla 22. Datos ensayo uniaxial Muestra M3	102
Tabla 23. Datos del ensayo de Fluorescencia de Rayos-x.....	106
Tabla 24. Composición mineralógica luego del análisis con software TOPAS	109
Tabla 25. Composición mineralógica luego del análisis con software TOPAS.	109

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Límites y división parroquial del cantón Santa Elena	10
Gráfico 2. Porcentaje población urbana y rural del cantón Santa Elena	11
Gráfico 3. Distribución de las actividades realizadas en Santa Elena.	12
Gráfico 4. Acceso a Villingota desde Guayaquil.....	14
Gráfico 5. Cuadro comparativo de tres sistemas de clasificación de diatomeas.....	31
Gráfico 6. Diatomea Pennada (A), Diatomea Centrada (B).....	32
Gráfico 7. Diatomea centrada (A), pennada sin rafe (B), pennada con rafe (C)	32
Gráfico 8. Mapa del sector Villingota.....	39
Gráfico 9. Diatomita con presencia de oxidaciones.....	40
Gráfico 10. Arcilla sin presencia de diatomita.....	40
Gráfico 11. Esquema de un afloramiento.	41
Gráfico 12. Entrada de la Cantera (A), Parte interna de la cantera 2(B).....	41
Gráfico 13. Planta empacadora de la cantera 2.	42
Gráfico 14. Planta empacadora Cantera 3 (A), Entrada a la Cantera 3 (B)	42
Gráfico 15. Entrada a la Cantera 1 (A), Vista panorámica de la Cantera 1 (B).	43
Gráfico 16. Esquema del afloramiento.	46
Gráfico 17. Frústula de diatomea integra (A) Diatomea fragmentada (B) Muestra M3. 52	
Gráfico 18. Frústula de diatomea integra (A), Espículas de esponja y diatomeas (B) . 52	
Gráfico 19. Diatomea centrada Muestra - M3.....	53
Gráfico 20. Frústula de diatomea fragmentada	53
Gráfico 21. Espícula de esponja.	54
Gráfico 22. Espículas de esponjas.....	54
Gráfico 23. Vía a la Costa.....	68
Gráfico 24. Senderos dentro del polígono de estudio en buen estado.	68
Gráfico 25. Sendero dentro del polígono de estudio de difícil acceso.	69
Gráfico 26. Caminos dentro del polígono de estudio vecinales	69
Gráfico 27. Afloramiento de diatomita – X: 560822 - Y: 9735892 Dato Estructural: 82°/12°	70
Gráfico 28. Afloramiento de diatomita – X: 560787 - Y: 9736664.....	70
Gráfico 29. Relieve de la zona – Arcilla café oscura – X: 559472 – Y: 9735638	71
Gráfico 30. Afloramiento tipo del polígono: Arcilla café sin presencia de diatomitas ...	71
Gráfico 31. Calicata hecha para reserva de agua, arcilla café sin presencia de diatomitas	72
Gráfico 32. Horno de laboratorio (A), Recipiente pirex (B)	78

Gráfico 33. Picnómetro vacío (A), Balanza electrónica (B).....	81
Gráfico 35. Serie de tamices.....	86
Gráfico 36. Peso del tamiz con muestra.....	86
Gráfico 37. Crisoles con muestras	89
Gráfico 38. Portacrisoles luego de salir del horno.....	89
Gráfico 39. Crisoles en el desecador.....	90
Gráfico 40. Método de la Balanza electrónica.....	93
Gráfico 41. Afloramiento Tipo	95
Gráfico 42. Muestra E4 (Negro) dentro de la Muestra M2 (Rojo).....	95
Gráfico 43. Inicio de la mezcla de Diatomitea con agua (A) y Resultado final de la mezcla (B).....	96
Gráfico 44. Capa compactada (A). Compactación final con 25 golpes (B)	97
Gráfico 45. Probeta lista para perfilar (A). Separación de la probeta y el molde (B)....	97
Gráfico 46. Pesaje de la Probeta (A). Etiquetado y empaquetado de la probeta (B) ..	98
Gráfico 47. Curva Densidad seca - Humedad (Muestra M1)	98
Gráfico 48. Curva Densidad seca - Humedad (Muestra M3)	99
Gráfico 49. Gráfica del ensayo uniaxial Muestra M1	101
Gráfico 50. Gráfica del ensayo uniaxial Muestra M3	103
Gráfico 51. Probeta antes del ensayo de uniaxial	103
Gráfico 52. Probeta luego del ensayo uniaxial	104
Gráfico 53. Diatomea fragmentada Muestra - M2	111
Gráfico 54. Espículas de esponja	111
Gráfico 55. Diatomea	112
Gráfico 56. Diatomea integra	112

RESÚMEN

La caracterización de las diatomitas del sector Angostura pueblo Villingota en la provincia de Santa Elena, se la realizó mediante el estudio de sus propiedades y características físicas, químicas y mineralógicas usando técnicas de análisis como Fluorescencia de Rayos-X, Difractometría de Rayos-X y ensayos de laboratorio como el del picnómetro o el de la balanza hidrostática.

Observando los estándares establecidos para estas rocas se determinó que la composición química posee un bajo contenido de sílice (45.95%), valores altos de óxidos de hierro (8.64%) y aluminio (12.58%). Las fases mineralógicas determinadas en promedio son: cuarzo (10.37%), calcita (30.02%), oligoclasas (13.34%) y el grupo de las arcillas "Montmorillonita – Illita" (17.66%); el análisis microscópico demostró que las muestras contienen además de diatomeas, fósiles de espículas silíceas de esponjas además que la distribución espacial de las mismas no es regular o en grandes cantidades determinando así que las diatomitas estudiadas pertenecen a un material de baja calidad, finalmente se calculó que dentro del polígono existen canteras con unas reservas probables de 6 820.62 Toneladas.

PALABRAS CLAVES: diatomita, diatomeas, estándares, fósiles, sílice, reservas.

ABSTRACT

The characterization of the diatomite of the Angostura village of Villingota in the province of Santa Elena was carried out by the study of its properties and physical, chemical and mineralogical characteristics using analysis techniques such as X-ray fluorescence, X-ray diffractometry and tests Such as the pycnometer or the hydrostatic balance.

Observing the established standards for these rocks, it was determined that the chemical composition has a low silica content (45.95%), and high values of iron oxides (8.64%) and aluminum (12.58%). The mineralogical phases determined on average are quartz (10.37%), calcite (30.02%), oligoclases (13.34%) and the group of clays "Montmorillonite - Illite" (17.66); The microscopic analysis showed that the samples contain, in addition to diatoms, fossils of silica spicules of sponges; The spatial distribution of them is not regular and not in large quantities, thus determining that the diatomites studied belong to a material of poor quality. probable reserves of 6,820.62 Tons.

KEYWORDS: diatomite, diatoms, standards, fossils, silica, reserves.

INTRODUCCIÓN

Ecuador se encuentra dividido en 6 zonas estructuroformacionales entre las que se encuentra la zona de antearco o costanera que es donde se encuentra el polígono de estudio, en donde se pueden encontrar formaciones como la San Eduardo (calizas), serie Tosagua (Lutitas diatomíticas) y serie Daule (Areniscas calcáreas). Entre varias formaciones que conforman la provincia de Santa Elena se encuentra la Formación Tosagua y está formada por los miembros: Villingota, Zapotal, Dos Bocas.

El estudio realizado denominado “Caracterización geológica, propiedades físicas mecánicas, calcinación y filtración de las diatomitas del sector de Angostura, pueblo de Villingota (Santa Elena – Ecuador)” consiste en obtener información acerca de las diatomitas y sus propiedades físicas, químicas y mineralógicas además de cuantificar las reservas que presentan las canteras del sector, puesto que su uso industrialmente puede traer grandes beneficios a nivel local, regional o nacional.

CAPITULO I, describe brevemente el sector de estudio, sus características físicas y geográficas entre las que se encuentran: ubicación, relieve e hidrografía.

CAPITULO II, consta de los métodos usados para desarrollar este trabajo, siendo la primera parte una recopilación de información e ideas más interesantes sobre trabajos realizados previamente en el sector y la segunda parte una descripción de los ensayos necesarios para caracterizar una diatomita.

CAPITULO III, comprende una descripción de las diatomitas empezando por su definición, pasando por su formación, características, clasificación y terminando en su aplicación a nivel económico.

CAPITULO IV, abarca una descripción geológica general de la región y la zona, además detalla el contenido litológico del polígono de trabajo, estructuras, etc.

CAPITULO V, está conformado por un análisis de los datos obtenidos en la caracterización tanto geológica como física, química y mineralógicamente, la última parte de este capítulo comprende un cálculo de reservas del polígono de trabajo.

Este estudio aporta con información de las características físicas, geológicas y mineralógicas de diatomitas en el sector de Villingota perteneciente a la cuenca de antearco o costanera.

ANTECEDENTES

Los estudios realizados sobre diatomitas en el Ecuador no son abundantes y mucho menos en la zona de estudio pese a la importancia a nivel industrial que posee este material, es por eso que esta investigación va dirigida a corroborar datos presentes en investigaciones anteriores y aportando con nuevos datos sobre el sector.

Según Paladines & Soto (2010), Ecuador se encuentra dividido en 6 zonas estructuroformacionales entre las que se encuentra la zona de antearco o costanera que es donde se encuentra el polígono de estudio, en donde se pueden encontrar formaciones como la San Eduardo (calizas), serie Tosagua (Lutitas diatomíticas) y serie Daule (Areniscas calcáreas). Entre varias formaciones que conforman la provincia de Santa Elena se encuentra la Formación Tosagua y está formada por los miembros: Villingota, Zapotal, Dos Bocas.

Peralta, et al.,(2010) afirma que “El miembro Villingota se compone de lutitas laminadas de diatomeas, suaves y de color blanco debido a la meteorización. La microfauna que se encuentra en el miembro Villingota es variada y consiste principalmente foraminíferos, restos de peces, espículas silíceas, conchas diatomeas y radiolarios” (p. 230)

Sin embargo un estudio realizado por un consultor externo del GAD parroquial de Chanduy indica que su geología la conforman las formaciones Chanduy, Piñón, Cayo, Guayaquil, Azúcar, Ancón, Tablazo (GAD - Chanduy, 2014).

JUSTIFICACIÓN

En la naturaleza se puede localizar diversos depósitos de minerales metálicos como los no metálicos, cada uno de ellos presenta características únicas ya sea de forma cualitativa como cuantitativa. Su uso a lo largo de la historia ha ido incrementándose puesto que cuando los depósitos de minerales se descubrieron en el siglo XVIII prácticamente no se utilizaban, hasta que mucho después se vio que tenían interesantes propiedades y por ende usos.

Para este proyecto se estudiarán depósitos de diatomeas, mismos que se encuentran en depósitos marinos y lacustres del Mioceno y Plioceno de todo el mundo (Harben, 2002). La diatomita o “tierra de diatomeas” se caracteriza generalmente como un sedimento similar a la tiza, suave, friable, terroso, de grano muy fino, silíceo, por lo general de color claro, es decir, blanco puro, comúnmente gris in situ, y rara vez negro (Ilia y col., 2009). Ha sido anteriormente estudiado en el campo de la ingeniería de la investigación geológica (Iijima y Tada, 1981; Isaacs, 1982; Chaika y Dvorkin, 2000; Koizumi et al, 2009; Calvo et al 2012.), o como material para aplicación industrial en el filtrado, blanqueado, relleno, aislamiento eléctrico, y la construcción (Stoermer y Smol, 2001; Fragoulis et al, 2005; Ilia et al, 2009; Liu y Zhao, 2009; Van Garderen et al, 2011).

Las influencias de diatomeas y sus propiedades se han abordado en muchas investigaciones, lo que sugiere que su presencia puede aumentar el límite plástico y el límite líquido de sedimentos (Tanaka y Locat, 1999; Shiwakoti et al., 2002, Palomino et al., 2011), el índice de plasticidad, la resistencia al corte y el ángulo de fricción interna (Shiwakoti et al., 2002), la compresibilidad y la conductividad hidráulica (Rajasekaran, 2006), y disminuir el límite de contracción (Palomino et al., 2011).

La diatomita es una materia prima no metálica compuesta por los restos óseos de las plantas de agua de una sola célula y tiene muchas características útiles para su uso

en diversas aplicaciones industriales, tales como alta porosidad y volumen a granel, una estructura porosa y permeable, resistencia química, alta pureza, gran superficie específica, alta capacidad de adsorción y buenas propiedades de adsorción (Hadjar et al., 2007; Khraisheh et al., 2004; Yuan et al., 2004; Yang et al., 2002; Al-Degs et al., 2001). Usos industriales comunes para diatomita incluyen la filtración del jarabe de azúcar, cerveza, whisky, vino, jugo de fruta, agua, aceites minerales o vegetales y productos farmacéuticos (Advanced Minerals, 2005; Sulpizio, 1999).

Al caracterizar estos depósitos desde el punto de vista geológico, químico, físico y mineralógico se logrará determinar el uso que se le puede dar a este material.

OBJETIVOS

General

- Caracterizar diatomitas del sector de Angostura, pueblo de Villingota Provincia de Santa Elena, con el fin de determinar su potencial uso en aplicaciones industriales.

Específicos

- Caracterizar física, geológica y mineralógicamente las muestras recolectadas en el pueblo de Villingota.
- Estimar las reservas probables o posibles de diatomita en el pueblo de Villingota.

CAPÍTULO I

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

1.1 Marco Geográfico

La Provincia de Santa Elena está situada en la región litoral o costa del Ecuador, su cabeza cantonal es el cantón Santa Elena ubicado al norte de dicha provincia, desde la ciudad de Guayaquil está a una distancia de 106 km. El cantón está limitado (Ver Gráfico 1), al Norte con el cantón Puerto López de la Provincia de Manabí; al Sur con el Océano Pacífico y el cantón General Villamil de la Provincia del Guayas; al Este con los cantones Jipijapa y Paján de la Provincia de Manabí, Pedro Carbo, Isidro Ayora y Guayaquil de la Provincia del Guayas; y, al Oeste con el Océano Pacífico y el cantón La Libertad. (Centro del Agua y Desarrollo Sustentable CADS – ESPOL, 2010, p. 3)



Gráfico 1. Límites y división parroquial del cantón Santa Elena
Fuente: Cartografía base: SNGR e INEC.

El Cantón Santa Elena según el VII Censo de Población del año 2010, tiene una población total de 144,076 habitantes, de los cuales 39,681 se encuentran distribuidos en la zona urbana y 104,395 en la zona rural (Ver Gráfico 2), representando el 46.7% de la población provincial. La distribución de la población urbana-rural indica que el cantón tiene una vocación rural, ya que el 72.5% de la población se encuentra en esta

zona, lo cual se debe a lo extenso de la zona rural con relación a la urbana, que es de 99.5% del territorio. (Centro del Agua y Desarrollo Sustentable CADS – ESPOL, 2010, p. 6)

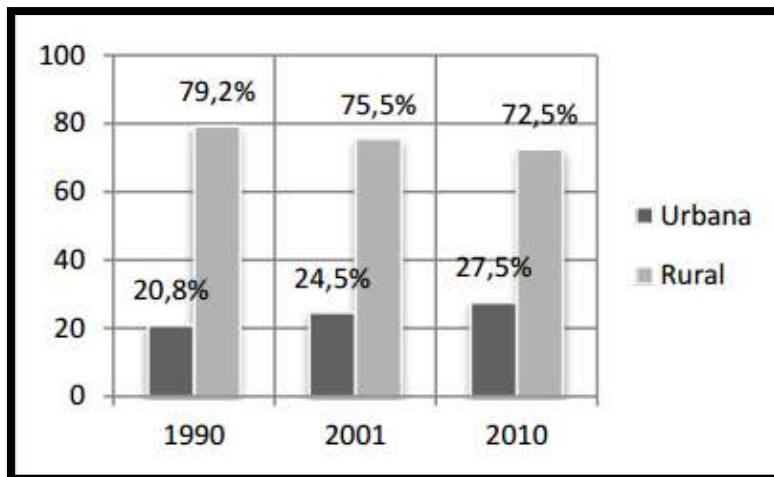


Gráfico 2. Porcentaje población urbana y rural del cantón Santa Elena
Fuente: INEC

Según (Centro del Agua y Desarrollo Sustentable CADS – ESPOL, 2010) “Una característica de Santa Elena es que además de su división político administrativa, cuenta con una división territorial por comunas, dentro de las cuales se toman decisiones de manera autónoma. Se cuenta con 60 comunas y 137 recintos. La cabecera cantonal está contigua a la cabecera cantonal del cantón La Libertad, y está junto al cantón Salinas conformando una región urbana con características especiales, tanto así que en Salinas se presenta un desarrollo urbanístico grande por la presencia de cadenas hoteleras” .“El cantón tiene como principal actividad económica el turismo, el cual es alimentado por la Autopista Guayaquil-Santa Elena que conecta la Ruta del Spondylus, la cual se extiende bordeando la costa hasta el cantón Puerto López en el Norte. A lo largo de esta ruta pueden desarrollarse actividades recreativas, deportivas, culturales, gastronómicas. Entre los principales sitios visitados del cantón están: el balneario de Ballenita, Montañita, los Baños de San Vicente por sus aguas medicinales, el Museo Amantes de Sumpa, y otras playas ubicadas a lo largo de 160 km de la mencionada ruta (p. 4,12)”

Un estudio del INEC tomando los resultados del censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador, indica que el 29.1 % de la población en Santa Elena trabaja por cuenta propia siendo esta la mayor actividad que se realiza en esta provincia. (Ver Gráfico 3)

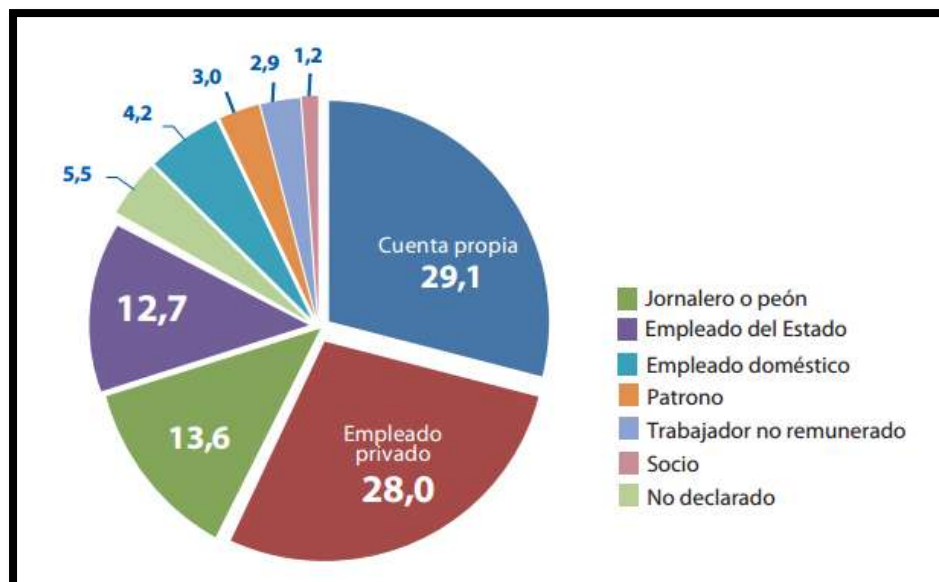


Gráfico 3. Distribución de las actividades realizadas en Santa Elena.
Fuente: INEC

1.2 Ubicación del polígono de trabajo

El pueblo de Villingota se encuentra ubicado al Sur-Oeste en la región costa del país específicamente en la provincia de Santa Elena (2° 22' 0" Sur, 80° 27' 0" Oeste) a 76 km de la ciudad de Guayaquil tomando la Vía a la Costa, en auto se puede llegar en una hora de viaje. El territorio comprende 5,451 hectáreas de terreno, comprendidos dentro de los linderos señalados en el informe técnico de linderación y levantamiento topográfico elaborados por el PRONAREG (Programa Nacional de Regionalización) (Javier, 2014); los límites geográficos de Villingota son:

Al Norte: Comuna Sacachún y Zapotal.

Al Sur: Comuna Engunga y Tugaduaja.

Al Este: Comuna Sucre.

Al Oeste: Comuna Zapotal, Cerro Zapotal.

El polígono de trabajo comprende un área de 8,935 km², dentro del polígono de trabajo pasa la vía a la costa (tramo Guayaquil – Salinas), el polígono registra en su parte

inferior la frontera entre las provincias de Santa. Elena y Guayas (Ver Anexo 1), las coordenadas de su ubicación son:

Tabla 1. Coordenadas del polígono de estudio

PUNTOS	COORDENADAS X	COORDENADAS Y
1	559 346	9 738 372
2	559 346	9 735 539
3	562 500	9 738 372
4	562 500	9 735 539

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

1.3 Acceso

El acceso al sector de Villingota comprende el recorrido de la Vía a la Costa en sentido E-W, es decir tomando el trayecto Guayaquil-Salinas (Ver Gráfico 4); La vía principal que nos lleva hacia el polígono de estudio se encuentra en perfecto estado y muy bien señalizada, sin embargo para cubrir la zona de interés en el sentido N-S fue necesario emplear vías secundarias en buen estado y mal estado, así como senderos de fincas del sector (Ver Anexo 2).

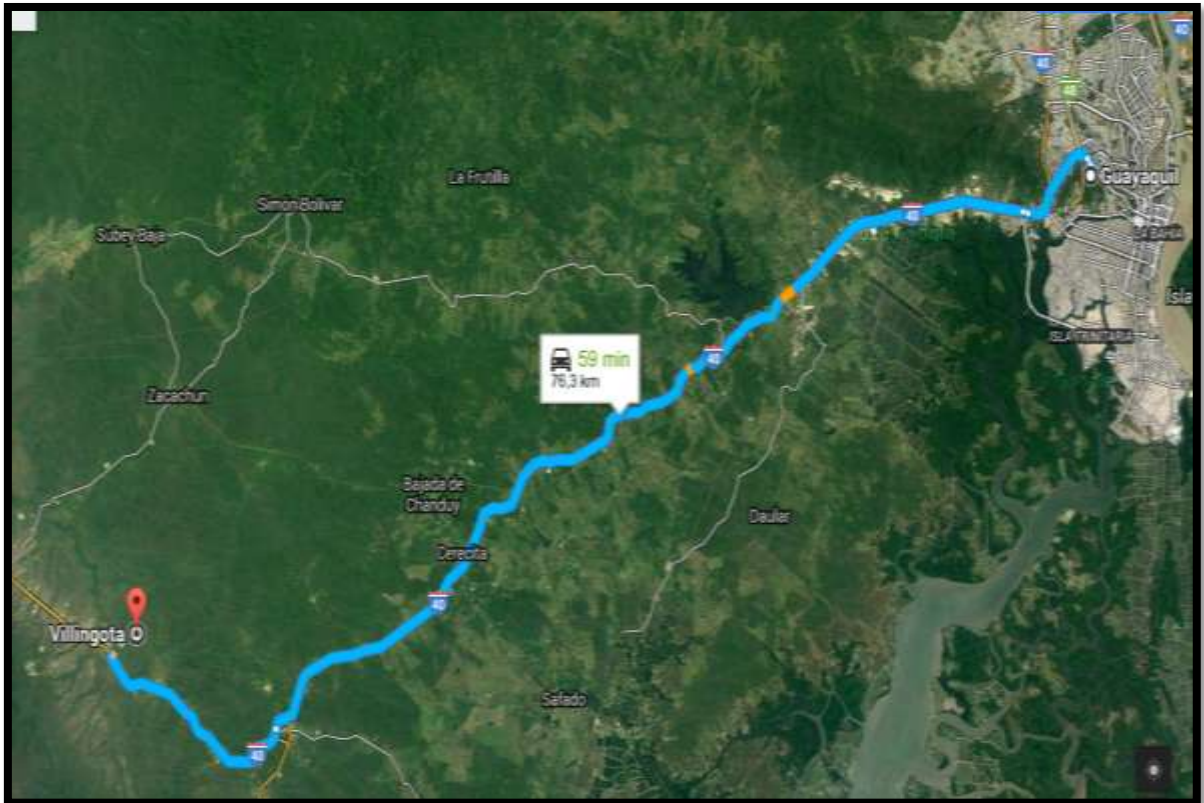


Gráfico 4. Acceso a Villingota desde Guayaquil
Fuente: Google Earth.

1.4 Relieve

Se entiende por relieve al término empleado para describir las formas que tiene la corteza terrestre o litósfera en la superficie o tierras emergidas, la superficie de la parroquia Chanduy está compuesta por un relieve muy variado que va desde terrenos planos y terrenos ondulados con poca pendiente hasta relieves de cordillera con unas pendientes de 100 % con cimas agudas. (Ver Tabla 2) (GAD - Chanduy, 2014, p. 3).

Tabla 2. Relieve que presenta la Parroquia Rural Chanduy.

RELIEVE	DESCRIPCIÓN
Cordillera costera Chanduy - Playas	Son relieves de carácter residual asociados a rocas volcánico-sedimentarias correspondientes a la Formación Cayo. Este tipo de relieves presentan pendientes de 12, 25 a 40, 70, 100 % y un desnivel relativo promedio de 25, 100, 100 a 200 m., sus cimas son agudas en su mayoría y algunas redondeadas con vertientes rectilíneas y convexas. Los procesos morfodinámicos no son evidentes.
Relieves planos o llanuras	Son terrenos planos o con poca pendiente caracterizados por una cobertura vegetal arbustiva y herbácea.
Relieves ondulados	La parroquia Chanduy posee terrenos ondulados con poca pendiente.
Relieves aluviales o medios aluviales	Este es un sistema influenciado directamente por la acción de los ríos. Es un sistema muy variable ya que cambia con el tiempo, debido a la actividad de procesos erosivos y de sedimentación, responde también a los cambios climáticos, modificaciones de nivel de base, tectónica. Presentan una pendiente de 0 a 5 % y un desnivel relativo menor a 5 m, su litología corresponde a arcillas, gravas, limos y arenas de grano fino a medio.

Fuente: PDyOT GADPR Chanduy 2012 - Elaborado por: Equipo Técnico Consultor 2015.
Elaboración: Equipo técnico consultor 2015 – GAD Chanduy

1.5 Clima

La Provincia de Santa Elena posee un clima árido o desértico debido a un ramo de la corriente de Humboldt pasando por la península. Su promedio anual de precipitación es entre 125 a 150 mm, es así una de las ciudades ecuatorianas más secas. Tiene dos temporadas: La temporada seca se presenta entre los meses de junio a noviembre y la lluviosa de diciembre a mayo. Durante la temporada lluviosa, la precipitación que se registra es casi el 90% de toda la pluviosidad anual mientras que las temperaturas oscilan entre los 21 y 35° C. (GAD - Chanduy, 2014, p. 13)

1.6 Vegetación

Según GAD - Chanduy, (2014) “en el pueblo de Villingota - parroquia Chanduy, entre la vegetación que destaca se encuentran especies como el guanábano, el barbasco y el tamarindo. La vegetación arbustiva está representada por las euforbiáceas, ramíneas, malváceas, bicneriacias, rubicaceas, leguminosas y mimosas. Entre los árboles frutales encontramos ciruelos, cerezos y mangos. También se encuentran la adormidera venenosa y el árbol de jabón. Entre la fauna representativa, se destacan los mamíferos como: tigrillos, venados, monos, osos hormigueros, armadillos y cuchuchos. Se pueden encontrar también conejo de monte, ardillas, murciélagos, zorros, oso mielero, entre otros. Encontramos también roedores como a la rata parda común y otros ratones y algunas especies de murciélagos”.

Entre las aves representativas se pueden mencionar aves rapaces, gavilanes, lechuzas, búhos, urracas, garrapateros, bujío, brujo, azulejo, entre otros. Los cerros de Chanduy y Engunga, están identificados como zonas prioritarias para la conservación de aves (IBA). A nivel del mar se identifican aves marinas y costeras como fragatas, pelícanos, piqueros, garzas, patos silvestres, y variedad de gaviotas y gaviotines. Entre los reptiles se destacan las iguanas, lagartijas, salamanquesas o geocos y víboras. Entre los anfibios se encuentran los sapos entre las especies invertebradas la langosta azul, y los cangrejos. GAD - Chanduy, (2014)

1.7 Hidrología

El GAD - Chanduy, (2014) afirma que la red hidrográfica de la parroquia Chanduy está compuesta por ríos y esteros de tipo efímero e intermitente. Los ríos permanecen secos durante grandes períodos, incluso años, y se recargan cuando los períodos de lluvia son fuertes. La comunidad identifica los siguientes ríos y esteros en la Cuenca del Río Zapotal, y Cuenca Estero del Morro: Río Verde, Río La Luisa, Río Culiche, Río

Tambiche, Río Pañamao, Engunga Estero Chanduy, Río Zapotal, Estero Mambra, Estero el Real, Río Cucunllique, Estero Mariscadero (Engunga), Estero Guangala (Tudaguaja). (Ver Tabla 3)

Tabla 3. Cuencas hidrográficas de la Parroquia Rural Chanduy

CUENCAS HIDROGRÁFICAS	EXTENSIÓN km²	RÉGIMEN
Río Zapotal	1,050.80	Intermitente
Río la mata	80.24	Efímero
Río Asagmanes	166.40	Efímero
Río Salado	310.71	Efímero
Río Engabao	140.45	Efímero
Engunga	362.70	Efímero

Fuente: Ex CLIRSEN 2012 ahora IEE

Elaboración: Equipo técnico consultor 2015 – GAD Chanduy

1.8 Cobertura de suelos

El suelo de la Parroquia Chanduy es considerado fértil para todo tipo de cultivo y para la ganadería, (Ver Tabla 4) pero su uso en estas actividades está restringido por el acceso de agua segura.

Tabla 4. Cobertura de Suelos - Provincia de Sta. Elena

COBERTURA DE SUELOS	AÑO 2009 Ha.	%	AÑO 2012 Ha.	%	DIFERENCIA %
Cultivos Permanentes	2118.6	1.53	3386.6	2.6	1.1
Cultivos Transitorios	7076.1	5.11	8370.9	6.5	1.44
Descanso	3447.2	2.49	2633.7	2.05	-0.44
Pastos Cultivados	10516.6	7.59	12759.1	9.9	2.35
Pastos Naturales	32877.2	23.73	14410.6	11.2	-12.50
Montes y Bosques	79750.2	57.55	80403.9	62.6	5.09
Otros Usos (población)	2779.6	2.01	6386.1	5.0	2.97
TOTAL	138565.5	100	128350.9	100	

Fuente: MAGAP 2012

Elaboración: Equipo técnico consultor 2015 – GAD Chanduy

Según GAD - Chanduy, (2014, p. 7) los porcentajes de suelos para cultivos permanentes ha tenido un aumento del 1.1% lo mismo ha ocurrido con los suelos usados para cultivos transitorios han aumentado en un 1.44% en cuanto a urbanización ha tenido un aumento del 2.97% característico de zonas poblaciones en crecimiento o desarrollo (Ver Tabla 4). Este aumento en suelos ocupados por índole antropogénico indica que habrá una disminución en los terrenos naturales, y efectivamente se demuestra una disminución del 0.44% y 12.5% sin embargo en los suelos ocupados por bosques naturales ha tenido un aumento del 5.09%.

1.9 Recursos naturales no renovables

El potencial minero de la Parroquia Chanduy estaría constituido principalmente por la minería no metálica y rocas de uso industrial, (Ver Tabla 5) siendo el área de la construcción la que utiliza aproximadamente el 90% de la producción. Las diferentes formaciones sedimentarias han sido estudiadas, y esto ha permitido conocer principalmente los diferentes depósitos minerales no metálicos existentes, variada es

la gama de éstos, entre los que se destacan las calizas, diatomitas, arcillas, bentonitas, zeolitas, arenas y materiales de construcción, que son extraídos principalmente de los ríos. (GAD - Chanduy, 2014, p. 14)

Tabla 5. Recursos naturales no renovables de la Parroquia Rural Chanduy

Recurso	Descripción	Tipo de infraestructura	N° de Concesiones	Superficie ocupada	Observaciones
Mineral	Minería no metálica (Arcillas)	Artesanal e industrial	1	Información inexistente	Explotación sin manejo adecuado
Pétreo	Rocas de uso industrial (construcción)	Artesanal e industrial	1	50 Minas	Explotación con manejo antitécnico

Fuente: GAD - Chanduy

Elaboración: Equipo técnico consultor 2015 – GAD Chanduy

El GAD - Chanduy, (2014, p. 14,15) afirma que se identifican minas y canteras de calizas, piedra, arena, cal bentonita, arena ferrosa, granito. Las canteras de arena y ripio se encuentran en la mayoría de los cauces de ríos y esteros; canteras de piedra en las faldas del cerro San Rafael y en la orilla de los ríos, canteras de cascajo en Tugaduaaja. De esta manera se tiene estudios de las clases de depósitos minerales existentes en la parroquia, pero hay poca información de las concesionarias que estén trabajando con los permisos debidos y la ocupación territorial que están ocupando para la extracción del recurso. El Ministerio de Recursos No Renovables Subsecretaría de Minas otorgó un título de concesión de explotación para materiales de construcción a la Comuna “San Rafael”, de la Parroquia Rural Chanduy, Código 700340, mediante el cual se le confiere en legal y debida forma el derecho personal, para la exploración y explotación de las arcillas superficiales, arenas, rocas y demás materiales de empleo directo en la industria de la construcción, a excepción de los lechos de los ríos, lagos,

playas de mar y canteras. (PDyOT GADPR Chanduy 2012 - Elaborado por Equipo Técnico Consultor 2015)

El área concesionada está formada por 28 hectáreas mineras contiguas, el plazo de concesión es por 21 años, durante la vigencia de esta concesión la Comuna San Rafael está obligada al pago de patentes de conservación, pago de regalías y otras obligaciones tributarias en la forma y montos establecidos en la Ley de Minería vigente, Reglamento General de la Ley de Minería y Reglamento de Régimen Especial De Pequeña Minería y Minería Artesanal correspondiente. GAD - Chanduy, (2014, p. 15)

CAPITULO II

METODOLOGÍA DE TRABAJO

2.1 Trabajo previo, de campo y de gabinete

2.1.1 Recopilación de información

La recopilación de información es una tarea que tiene el investigador al iniciar un proyecto, el propósito de esta actividad es el encontrar información de trabajos previos, y extraer los datos más relevantes para realizar su investigación. Para la descripción geológica de este trabajo se emplearon las siguientes bases topográficas:

- Base topográficas, Mapa Geológico del Ecuador Hoja 5. Del Instituto Geográfico Militar 1973. Impreso en los talleres gráficos del instituto Geográfico Militar 1975.
- Carta Topográfica de Santa Elena escala 1:100000 (CT-MV-A), Edición 1968. Instituto Geológico Militar.
- Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Dirección General de Geología y Minas. Asistencia Técnica del Gobierno de Gran Bretaña.

2.1.2 Levantamiento geológico

Como parte fundamental dentro de la realización de este estudio se llevó a cabo el levantamiento geológico, del sector de Angostura, pueblo de Villingota en la provincia de Santa. Elena. El trabajo de campo consistió en el levantamiento y estudio geológico de los afloramientos (toma de datos estructurales, descripción de los tipos de rocas y toma de muestras), mediante los cuales se realizó una determinación de los cambios litológicos y posibles contactos para determinar el sector donde se encuentran las diatomitas y su extensión.

2.1.3 Toma e identificación de muestras

Para la recolección de muestras se consideró las características físicas reconocibles en el campo: textura, peso, porosidad, dureza y ausencia de estratificación. El

muestreo se lo realizó en las vías, senderos y afloramientos naturales encontrados en el área de estudio; zonas de difícil acceso se caminaron para asegurar un mapeo confiable de toda la zona de estudio.

2.1.4 Equipo utilizado

Dado que el mapeo incluye en un gran porcentaje el recorrido de vías se necesitó de un vehículo para transportarse a lo largo y ancho de la zona de estudio, las zonas a las que no se podía acceder con el vehículo se las cubría mediante un recorrido a pie.

Dentro del equipo de campo, para la obtención de puntos de referencia se utilizó un GPS Garmin, modelo Colorado 300 DATUM WGS84, para la obtención de datos estructurales se trabajó con una brújula tipo Brunton y elementos básicos como: martillo geológico, ácido clorhídrico al 10 %, bolsas para muestras, libreta de campo, cámara fotográfica y lápices de colores.

2.1.5 Trabajo de gabinete

Una vez finalizado el trabajo de campo donde se obtuvieron los datos precisos para redactar el aspecto geológico (descripciones litológicas, elementos estructurales) que conforman la zona de estudio, se elaboró un mapa geológico a escala 1:50.000 correspondiente a la zona asignada con la ayuda de Softwares (AutoCAD, ArcMap).

2.2 Trabajo de laboratorio

2.2.1 Caracterización de diatomitas

El análisis de las propiedades físicas, químicas, mineralógicas y microscópicas se llevaron a cabo en los laboratorios del Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja los ensayos realizados fueron:

a) Caracterización física

- ✓ Contenido de Humedad
- ✓ Densidad
- ✓ Calcinación
- ✓ Porosidad
- ✓ Granulometría
- ✓ Uniaxial

b) Caracterización química

- ✓ Fluorescencia de rayos X

c) Caracterización mineralógica

- ✓ Difractometría de rayos X

d) Caracterización microscópica

- ✓ Análisis microscópica

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Diatomitas

3.1.1 Introducción

Hay varios sitios en el mundo donde se ha detectado la presencia de microfósiles (diatomeas) en los depósitos naturales de suelo, estos depósitos se caracterizan por tener propiedades físicas y mecánicas singulares, que no siguen las bien establecidas correlaciones geotécnicas entre propiedades índice y los parámetros de deformación y resistencia. Sin embargo, la literatura especializada sobre el tema es muy escasa, por lo que constituye un magnífico campo de investigación para explicar las causas y mecanismos responsables de dicho comportamiento.

Los antiguos ambientes lacustres constituyen una fuente importante de estudio, ya que guardan información en los sedimentos de la cuenca en que se formaron y de las condiciones ambientales que alguna vez prevalecieron en su entorno. Uno de los indicadores biológicos más importantes en los sedimentos lacustres son las diatomeas. Diaz Rodriguez, (2011, p. 27,28)

3.1.2 Definición

Las diatomitas están constituidas por restos de microorganismos acuáticos llamados diatomeas, estos son organismos vegetales microscópicos unicelulares eucariotas y fotosintéticos, pertenecen a la clase de los ***bacillario-phyceae*** y a la orden de los ***bacillariaes***. Tello, (2013, p. 12)

“Las diatomeas son algas microscópicas fotosintéticas que crecen en ambientes de agua dulce o salada, pero rica en sílice disuelta” Diaz Rodriguez, (2011)(p. 28), que no contiene minerales metálicos, es similar a la tiza, de grano muy fino más o menos estratificadas, su coloración es clara (blanca a crema o amarillento usualmente, crema a gris *in situ* y raramente negra); la diatomita es químicamente inerte en la mayoría de

los gases y líquidos, de poros muy finos ($< 1 \mu\text{m}$) con una estructura semejante a la de un panal, con alta capacidad absorbente y baja densidad aparente ($< 1 \text{ g/cm}^3$).

3.1.3 Características

Las diatomitas son rocas silíceas sedimentarias orgánicas ricas en SiO_2 es similar a la tiza, suave al tacto y sobre todo posee restos de microorganismos acuáticos denominados diatomeas.

Físicamente la diatomita presenta una coloración muy clara en estado seco, el contenido de agua en los poros varía entre 20 y $> 70\%$ en peso, presenta baja conductividad térmica y presenta propiedades puzolanicas. La densidad puede ser la del sílice hidratado (2.1 g/cm^3).

Antonides, (1998) afirma que “la diatomita o tierra de diatomeas es una roca sedimentaria, porosa y de bajo peso volumétrico que se forma con la acumulación y compactación de las frústulas de diatomeas. La diatomita es inerte, con una composición de aproximadamente 90% de sílice y el resto son óxidos de hierro y aluminio. Tiene una gran capacidad de absorción y una extensa área superficial”.

Microscópicamente “las formas más usuales de las diatomitas son cilíndricas, esféricas o de disco circular con dimensiones comprendidas entre 1 a 500 micras” Diaz Rodriguez, (2011)(p. 28). La frústula o esqueleto de las diatomeas está compuesta de sílice opalina o biogénica. Es simétrica en forma, con una gran proporción de vacíos, decoradas con un patrón único de características del tamaño de nanómetros (poros, canales, espinas). Round et al., (1990)

3.1.4 Ambiente de depositación

El ambiente ideal para la formación de depósitos de diatomitas requiere condiciones tectónicas y medioambientales estables, una cuenca de poca profundidad con un suministro constante de sílice, ambiente no tóxico y rico en materias orgánicas y Boro.

(Ver Tabla 6) Para la formación de diatomitas también es necesario que se produzca un ambiente de aguas tranquilas con poca sedimentación y a una temperatura estable de entre 15 – 30 °C. (Brito & Markwich, 1989).

La fuente de sílice en estos ambientes proviene generalmente de aguas subterráneas, de la reacción de rocas adyacentes con el agua de algún lago, influjo de cenizas volcánicas o afloramientos de agua de mar ricos en nutrientes.

3.1.5 Litificación y diagénesis

Una vez depositadas las diatomeas silicificadas son más resistentes a la dilución que cualquier otro tipo de materia orgánica, sin embargo el depósito está muy propenso a la diagénesis, soterramiento e intemperismo, siendo estos unos factores totalmente determinantes ya que cualquier alteración en esta fase del proceso puede afectar o darle una característica radicalmente opuesta al yacimiento con respecto a las características y condiciones originales.

La diagénesis de sedimentos en lagos empieza luego de la depositación y puede incluir productos como: cementos, chert, zeolitas y minerales de arcilla, muchos de ellos formados a partir del sedimento original de diatomeas. (Tello, 2013)

El proceso de diagénesis se encarga además de preservar, mejorar su calidad o destruir el yacimiento, (Ver Tabla 6) dependiendo de la severidad del proceso, además si se encuentran sedimentos sobre el yacimiento estos ayudan a compactar y remover el exceso de agua de la diatomita, posteriormente la lixiviación elimina la materia orgánica y otros materiales biogénicos de las diatomitas, aumentando así la calidad del depósito (Dolley & Moyle, 2003) (Wallace, 2003).

A mayor profundidad y temperatura se produce una recristalización de las frústulas y destrucción de algunas de las propiedades físicas se describe un proceso de cambio en las propiedades de la roca, asociado a soterramientos con profundidades entre 600

a 1.500 m, donde ocurre una transición biogénica entre los miembros de cada serie α – cuarzo, γ – tridimita y β – cristobalita. (Dolley & Moyle, 2003); (Barron, 1987); (Markwich & Brito, 1990).

Los procesos post-deposicionales pueden alterar un depósito de diatomitas, al darse podrían exponer el yacimiento a cambios climáticos, procesos erosionales y cambios en la hidrología. Existen casos en los que sedimentos volcánicos cubrieron y preservaron muchos depósitos lacustres continentales alrededor del mundo (Dolley & Moyle, 2003); (Wallace, 2003).

A día de hoy las diatomitas forman parte de estructuras continentales. En ciertas regiones los depósitos de diatomitas tienen el espesor y pureza necesaria para ser explotada industrialmente.

Tabla 6. Diatomitas, Hábitat y factores que afectan la formación marina y lacustre-continental de los depósitos de diatomitas.

FACTOR	DEPÓSITOS MARINOS	DEPÓSITOS CONTINENTALES-LACUSTRES
Diatomitas Y Hábitats	Priman formas planctónicas, con menos formas bentónicas; las formas bénticas son raras en sedimentos de aguas profundas	Formas planctónicas y bentónicas en lagos, predominando las planctónicas. Formas bentónicas dominan arroyos y suelos.
	Combinadas las taxas marinas y lacustres, existen cerca de 20.000 especies en el mundo. Un estimado de 1.000 especies de agua dulce; y 10 a 30 especies lacustre endémicas.	
	Principalmente márgenes continentales con un ciclo de surgencia ⁽⁸⁾ de corrientes ricas en nutrientes y corrientes de superficie que dispersan agua sin nutrientes en la parte superior 100 – 200 m. y plancton de aguas profundas.	Principalmente sistemas lacustres pequeños asociados a eventos volcánicos que representan sistemas fluviales formando lagos; requiere un aporte continuo de nutrientes ricos en sílice en lagos con baja alcalinidad. También ocurre en sistemas fluviales lentos, pantanos, estanques y suelos.
	Estenohalino ⁽⁹⁾ .	Eurohalino ⁽¹⁰⁾ , no excesivamente alcalina.
	Temperaturas estables; salinidad, pH, nutrientes y corrientes de agua.	Temperaturas variables, salinidad, pH, nutrientes y corrientes de agua.
Ambiente de deposito	Alta productividad de diatomeas; larga duración; dilución mínima clástica y biogénicas; columnas de agua permiten a las diatomeas llegar al fondo.	Alta productividad de diatomeas; larga duración; pero más corta que la marina; dilución mínima clástica y biogénicas, vulcanismo periódico.
Dilución	Dilución de sedimentos terrígenos, cerca de los márgenes continentales o en formas biogénicas como radiolarios durante la deposición.	Dilución por un exceso de sedimentos clásticos y ceniza volcánica dentro de las cuencas
Diagénesis y Preservación	Sedimentos marinos cubren y eliminan el agua, la lixiviación elimina la materia orgánica excedente lo que aumenta la calidad. El exceso de compactación puede triturar conchas y a mayor profundidad (>600 m, > 50°C).	Sedimentos volcánicos clásticos o volcánicos remueven el agua, la lixiviación elimina la materia orgánica excedente lo que aumenta la calidad. El exceso de compactación puede triturar conchas y a mayor profundidad (>600 m, > 50°C).
Lapso de tiempo	Cretáceo temprano a Holoceno	Eoceno a Holoceno
Distribución en Ecuador	Lutitas miocénicas del miembro Villingota de la formación Tosagua sedimentadas en las cuencas Cretáceas/Terciarias de Progreso; Yacimiento Sucre (Sta. Elena) y Manabí.	Depresiones interandinas de la Sierra y en lagunas del Pleistoceno y Holoceno. Laguna de Yahuarcocha, Rio Coyago-Guayllabamba, Latacunga-Pujilí y yacimiento del Galte; la región Sur de la sierra.

Fuente: Brito & Markwich, 1989

Glosario de algunos términos de la Tabla 6.

Ciclo de surgencia⁽⁸⁾: Proceso en el cual el agua de mar sube a la superficie desde el fondo marino.

Estenohalino⁽⁹⁾: Organismos acuáticos que solo son capaces de vivir en un estrecho rango de concentración de sales.

Eurihalino⁽¹⁰⁾: capacidad de algunas especies de entrar tanto en aguas dulces como saladas.

3.1.6 Clasificación

Han existido diversos modelos de clasificación de las diatomeas (Hustedt, 1930, Round et al., 1990, Simonsen, 1979), los cuales dividen a estos organismos en dos o tres grupos principales, siguiendo un criterio fundamentalmente morfológico, basado en la simetría de la ornamentación de la valva y la presencia o ausencia de rafe (fisura central). UNAM - Instituto de Geofísica, (2012)

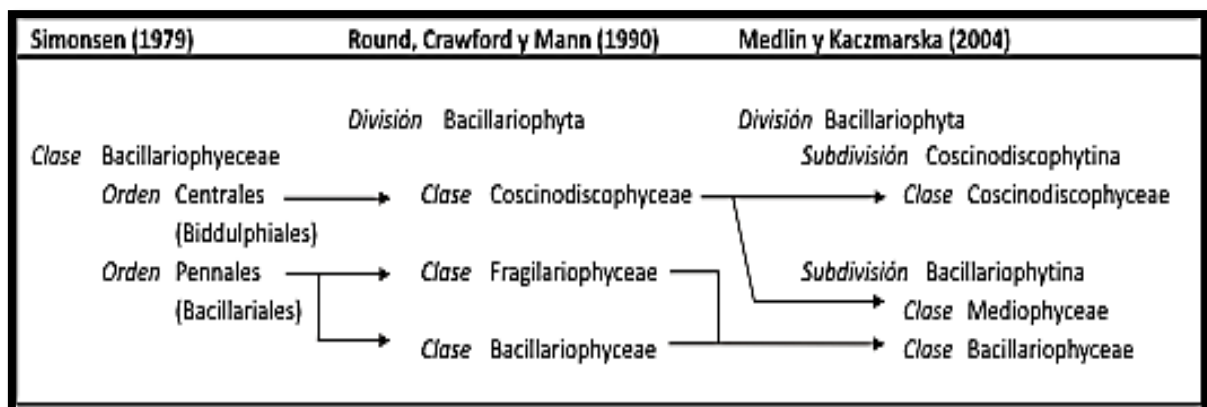


Gráfico 5. Cuadro comparativo de tres sistemas de clasificación de diatomeas

Fuente: Instituto de Geofísica - UNAM

Elaboración: Departamento de botánica - UNAM

Según Round, Crawford, & Mann, (1990) las diatomitas se clasifican en:

- Coscinodiscophyceae (diatomeas centradas).
- Fragilariophyceae (diatomeas pennadas sin rafe).
- Bacillariophyceae (diatomeas pennadas con rafe).

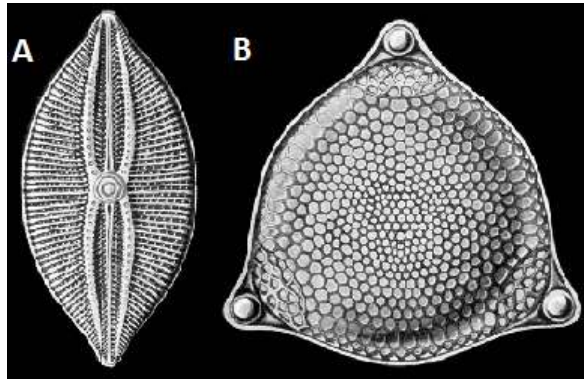


Gráfico 6. Diatomea Pennada (A), Diatomea Centrada (B).
 Fuente: Wikipedia
 Elaboración: Ernst Haeckel

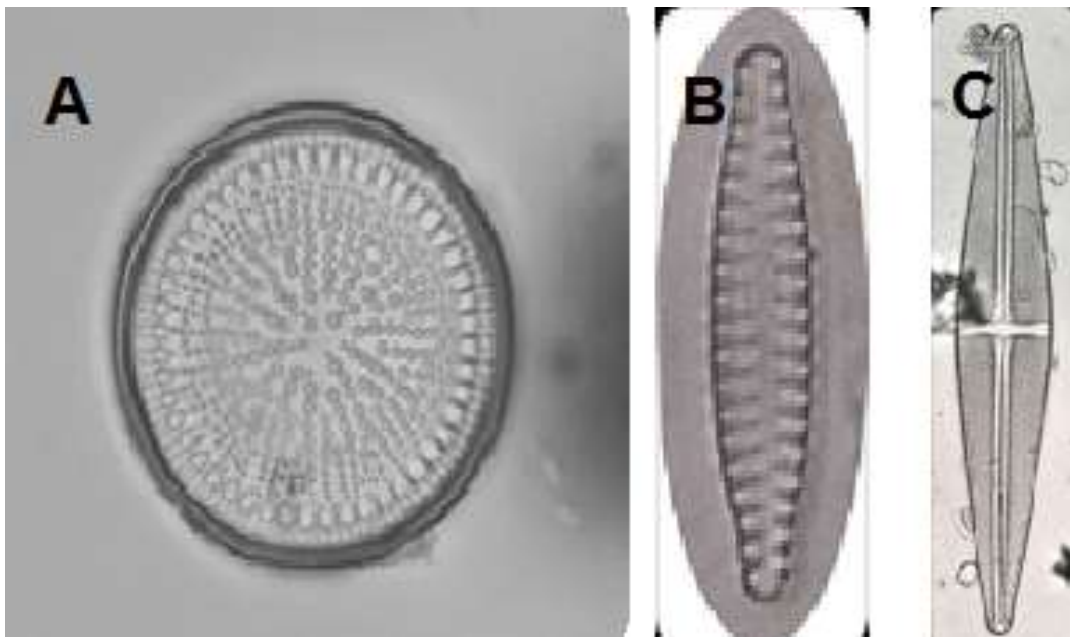


Gráfico 7. Diatomea centrada (A), pennada sin rafe (B), pennada con rafe (C)
 Fuente: Instituto de Geofísica - UNAM
 Elaboración: Departamento de botánica - UNAM

3.1.7 Aplicaciones

Según una publicación para la primera feria Ornitológica y de la naturaleza, la revista Quercus (Carlos Illana, 2008) afirma que las diatomitas tienen muchas aplicaciones a nivel industrial entre las que destacan:

a) Explosivos y Materiales de construcción

A partir del año 1800, bloques y ladrillos de diatomita empezaron a usarse como material aislante de las altas temperaturas; actualmente se utiliza como una puzolana

natural para fabricar el cemento Portland y ciertos materiales de construcción aislantes, tanto térmicos como acústicos.

En 1867 Alfred Nobel invento la dinamita al mezclar nitroglicerina líquida, un explosivo muy inestable con tierra de diatomeas, que actuaba como absorbente y estabilizador lo que permitía trasladarla con facilidad.

b) Filtro eficaz.

Una de las aplicaciones más habituales de la tierra de diatomeas consiste en aprovechar su alta capacidad filtrante. Los mejores filtros de piscinas contienen este producto, capaz de retener partículas (de 3 a 5 micras) y de eliminar bacterias y otros microorganismos del agua. También se fabrican filtros con tierra de diatomeas para los acuarios, unos dispositivos especialmente útiles para evitar agentes infecciosos y parásitos a los peces. La industria alimentaria también recurre a los filtros de tierra de diatomeas para obtener un grado de claridad y retrasar el proceso natural de turbidez en la fabricación de la cerveza.

c) Insecticida natural

En países como Estados Unidos y Canadá se comercializan insecticidas industriales que no producen daños ni al hombre ni al medio ambiente, estos productos tienen como principal componente la tierra de diatomeas en un 85-95%; algunas marcas comerciales que contienen tierras de diatomeas son Protect-It, Insecolo, Diatect o Insecta-Kill, aplicados para proteger tanto productos agrícolas almacenados como plantas ornamentales en casas y jardines.

d) Nanotecnología

Investigadores del Instituto de Tecnología de Georgia (Atlanta) han fabricado componentes electrónicos de silicio puro obtenido a partir de frústulas de diatomeas del género *Aulacoseira*. Los pequeños orificios de las frústulas de las diatomeas pueden ser particularmente útiles para fabricar sensores de gases capaces de detectar cantidades muy pequeñas.

e) Otros usos industriales

En la industria en general las diatomitas abarcan un amplio campo, la industria de los cosméticos por ejemplo, muchas cremas exfoliantes contienen finas partículas de diatomeas que eliminan las células muertas y las impurezas de la piel; además el carácter absorbente de la diatomita es aprovechado para eliminar vertidos industriales y como sustrato para el excremento de los gatos.

CAPITULO IV

GEOLOGÍA

4.1 Geología de la zona de estudio

4.1.1 Geología regional

En un ámbito geológico regional, la zona costanera está compuesta por varias formaciones de importancia económica en las que se presentan yacimientos no metálicos, Paladines & Soto, (2010) resalta que: “En relación a los yacimientos no metálicos: en esta zona (costanera) son de importancia los yacimientos de caliza relacionados con la formación San Eduardo (Eoceno Medio), la cual aflora a lo largo del flanco Sur de la cordillera de Chongon- Colonche. La formación San Eduardo se correlaciona con las calizas La Delicia de la formación Ostiones, en las cuencas de Manabí y Esmeraldas”.

Según (GAD - Chanduy, 2014) en la parroquia Chanduy, encontramos suelo rocoso, arcilloso y arenoso, en las diferentes formaciones geológicas identificadas (Ver Tabla 7). Los materiales que constituyen el subsuelo se agrupan en una serie de conjuntos litoestratigráficos a los que se conoce usualmente en la región con nombres de formaciones.

Tabla 7. Formaciones geológicas que presenta la Parroquia Rural Chanduy

FORMACIONES GEOLÓGICAS	DESCRIPCIÓN
Formación Chanduy	La formación Chanduy ocupa la parte media del complejo Azúcar, localmente discordante sobre la formación Estancia y de espesores variables, que como máximo llegan a los 700-800 metros. Está formada fundamentalmente por conglomerados poligénicos masivos y areniscas bastas, con algunos niveles de limolitas y lutitas. Contienen a veces elementos re-sedimentados de la Formación Estancia.
Formación Piñón	Exposiciones esporádicas en la península de Santa. Elena, son consideradas olistolitos. La formación comprende principalmente rocas ígneas básicas,
Formación Cayo	Tiene un espesor de 3000 m en el sur y se adelgaza progresivamente al norte. Formada principalmente de areniscas volcánicas brechosas de color verde oscuro.
Formación Guayaquil	Exposiciones esporádicas en la península de Santa. Elena, son consideradas olistolitos. Está constituido por capas estratificadas de 0.2 - 0.4 m de espesor de lutitas silíceas, lutitas tobaceas, chert nodular bandeado, tobas, areniscas y lutitas fisiles de color verde.
Formación Azúcar	Afloran en la parte sur - oeste de la provincia. Corresponden a una secuencia sedimentaria dominante. Está constituida por un complejo detrítico de facies marinas, discordantes sobre la formación anterior, muy tectonizada e integrada por tres unidades o formaciones menores que reciben los nombres de Estancia, Chanduy, Engabao.
Grupo Ancón	Afloran en la parte oeste de la provincia. Compuesta por turbiditas y lutitas. El miembro Zapotal Descansa sobre un complejo Olistostrómico de Santa. Elena y está sobrepuesto por el Miembro Dos Bocas. Forma una secuencia de abajo hacia arriba, consta de un conglomerado basal, areniscas y lutitas. El espesor máximo sobrepasa los 1000m.
Formación Tablazo	Nombre aplicado a las terrazas marinas del Perú, usado por extensión en el Ecuador. Se reconocen 3 tablazos en la Costa. El tablazo medio, al que pertenece Santa Elena, contiene fósiles que sugieren unas facies algo salobres. En la parte correspondiente a los cerros de Chongón Colonche y a la Cuenca de Progreso el rumbo de las estructuras es NW-SE. El levantamiento de la Cuenca por orogénesis andina, no fue acompañado en este sector por plegamiento ni callamiento, pero la base de la formación Borbón descansa regularmente desde 180m en el oeste hasta 120m., 12 Km. Más al Este los sedimentos de las formaciones Borbón.

Fuente: Ex CLIRSEN- 2012 ahora IEE

Elaboración: Equipo técnico consultor 2015 – GAD Chanduy

4.1.2 Geología local

Según (Peralta, et al., 2010) En la zona central de la Península Santa Elena se encuentra la cuenca Progreso del Neógeno, definida como una depresión sinclinal, generada por una subsidencia rápida en el Oligoceno Tardío y el llenado subsiguiente de sedimentos del Mioceno-oligoceno (Ordoñez et al., 2006). La cuenca tiene una superficie aproximadamente 3.200 Km² y está una zona deprimida de arco frontal, limita al Norte por la Cordillera Chongón Colonche, al Sur-Oeste por levantamiento de Santa Elena y al Este con el Golfo de Guayaquil. En la cuenca Progreso se encuentran las rocas sedimentarias del Grupo Azúcar y Ancón, así como las formaciones Tosagua, Subibaja, Progreso, y la puna Tablazo.

La formación Tosagua, se encuentra en una edad entre el Oligoceno Tardío y Mioceno Medio, está formado por los miembros: Villingota, Zapotal, Dos Bocas. El miembro Villingota se compone de lutitas laminadas de diatomeas, suaves y de color blanco debido a la meteorización. El espesor de este elemento varía entre 250 y 650 metros (Baldock, 1982). (Ver Gráfico 9)

La microfauna que se encuentra en el miembro Villingota es variada y consiste principalmente foraminíferos, restos de peces, espículas silíceas, conchas diatomeas y radiolarios. (Ordoñez et al., 2006).

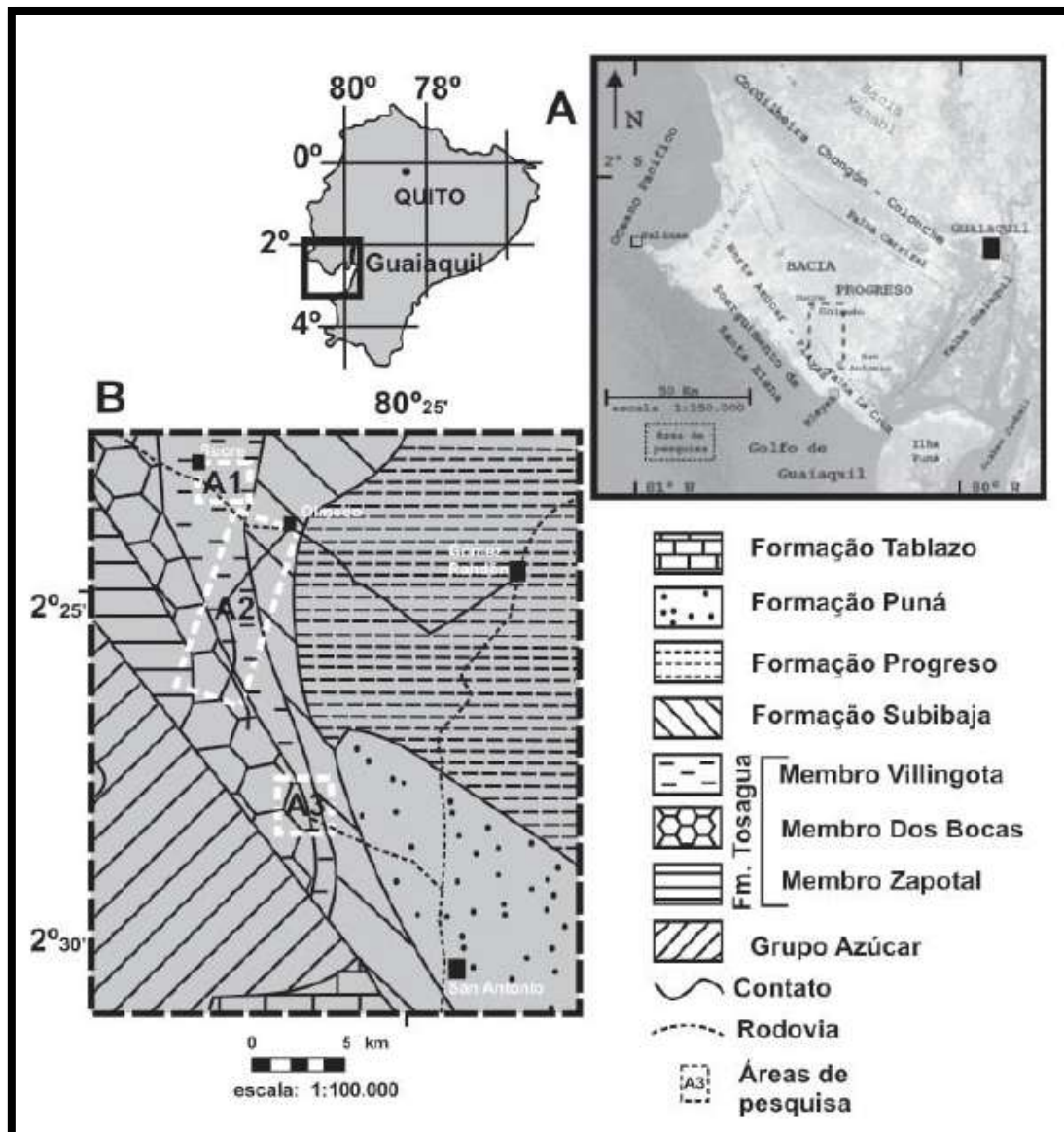


Grafico 8. Mapa del sector Villingota.

Fuente: Mineralogical characterization of the Diatoms Lutites of the Santa Elena Península

Elaboración: Peralta et al., 2010

La geología del polígono de trabajo comprende diatomitas con presencia de oxidaciones y un alto grado de meteorización. En el sector analizado se pudo observar una especie de gran cantera de la que retiran este material para su posterior comercialización. (Ver Gráfico 12)

Dentro del polígono de trabajo también se encuentra arcilla oscura de color café, muy meteorizada, por las condiciones climatológicas del sector, esta arcilla muchas veces se encuentra asociada a grietas de desecación. (Ver Gráfico 10). Un afloramiento muy

importante fue el observado bajo el puente de Olmedo, que nos dio una idea de hacia el sur del polígono encontramos una capa de conglomerado de matriz arcillosa sobre el afloramiento de diatomita, posiblemente debido a la inclinación de los estratos. (Ver Gráfico 11)



Gráfico 9. Diatomita con presencia de oxidaciones.
Fuente: El Autor



Gráfico 10. Arcilla sin presencia de diatomita.
Fuente: El Autor

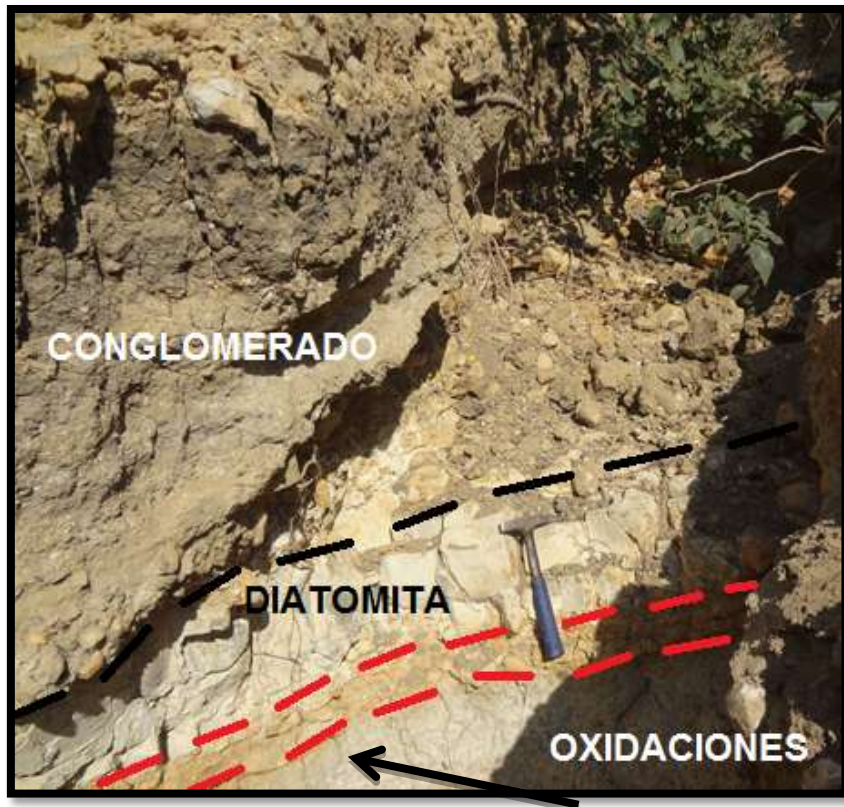


Gráfico 11. Esquema de un afloramiento.
Fuente: El Autor

Dentro del polígono de trabajo se encuentran 3 canteras de gran extensión, en las cuales explotan diatomita; 2 de ellas poseen plantas empacadoras donde preparan el material para la venta, según la información que recibimos dichas canteras venden la diatomita como Cal. (Ver Gráfico 12 – 14)



Gráfico 12. Entrada de la Cantera (A), Parte interna de la cantera 2(B).
Fuente: El Autor



Gráfico 13. Planta empacadora de la cantera 2.
Fuente: El Autor

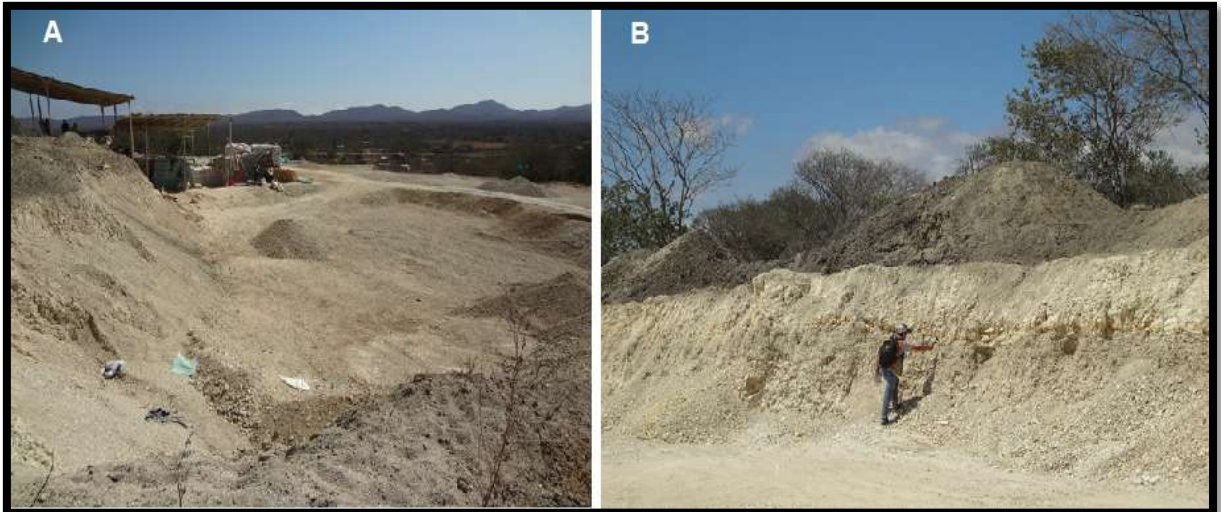


Gráfico 14. Planta empacadora Cantera 3 (A), Entrada a la Cantera 3 (B)
Fuente: El Autor

La otra cantera simplemente permite que palas mecánicas y volquetes recolecten el material para su posterior venta en otro sector (Ver Gráfico 15). Extraoficialmente se pudo conocer que esa cantera es una de las proveedoras de la multinacional HOLCIM S.A.



Gráfico 15. Entrada a la Cantera 1 (A), Vista panorámica de la Cantera 1 (B).
Fuente: El Autor

CAPITULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

Dentro del análisis geológico de la zona de estudio, el polígono de estudio se encuentra conformado por dos componentes, el primero es diatomita con una capa dentro del mismo material con gran cantidad de oxidaciones (Ver Gráfico 11), mientras que el segundo está compuesto por arcilla de coloración oscura.

Recabada la información preexistente sobre el sector y realizado el trabajo de campo se confirma que las formaciones presentes dentro del polígono de estudio son:

✓ **Formación Tosagua**

Miembro Dos Bocas (Oligoceno superior – Mioceno inferior): El miembro Dos Bocas yace en discordancia sobre la formación San Mateo. Consiste de lutitas macizas y estratificadas en bancos centimétricos a decimétricos de color café – chocolate, con intercalaciones de limolita y arena. (IEPC, 1947)

Miembro Villingota (Mioceno inferior): Yace sobre el miembro Dos Bocas en forma progresiva y se presenta con lutitas diatomáceas de color gris, blanco y café en capas delgadas, con algunas intercalaciones de areniscas amarillas. Presenta restos fósiles. (IEPC, 1947)

✓ **Formación Progreso (Mioceno superior):** La formación está compuesta de arenisca blanca, arcilla de color verde, ambas con constituyentes limosos, y niveles de areniscas con conchas, de potencia variable de 1m. (Coloma Silva, 1939)

Un afloramiento tipo del polígono de estudio se constituye de 3 estratos claros: el primero (A) se la podría definir como diatomitas, de color blanco muy claro y con un grado medio de meteorización. El estrato (B) se la podría definir como el mismo material, mucho más meteorizado pero con gran presencia de oxidaciones. El estrato

(C) también se las puede definir como diatomitas mucho más meteorizadas de color café claro. (Ver Gráfico 16)

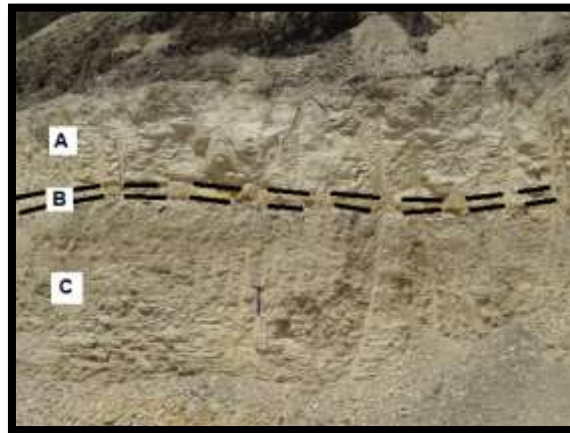


Gráfico 16. Esquema del afloramiento.
Fuente: El Autor

5.2 CALCULO DE RESERVAS

Dentro del polígono de estudio se pudo cuantificar la presencia de tres canteras, mediante un mapeo de campo se pudo obtener los datos necesarios para realizar un cálculo de reservas probables.

Luego del mapeo de campo, se utilizó la herramienta "Volume Polygon" del Software ArcGis 9.3 para obtener el volumen de material de cada cantera (Ver Tabla 8) posteriormente se utiliza la densidad real para obtener las toneladas presentes en cada cantera con la siguiente fórmula:

$$\text{Reservas Probables} = \left(\text{Densidad} \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) \times \frac{(100 \text{ cm})^3}{1 \text{ m}^3} \right) \times \left(\text{Volumen}(\text{m}^3) \frac{1 \text{ Ton}}{(1000 \text{ g})^3} \right)$$

Tabla 8. Datos de las reservas de cada cantera

CANTERAS	VOLUMEN (m³)	RESERVAS (Ton)
Cantera 1	24 593.56	45.01
Cantera 2	881 983,82	1 614.03
Cantera 3	2 820 537.06	5 161.58
TOTAL	3 727 114.44	6 820.62

Fuente: El Autor
Elaboración: El Autor

5.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICA

5.3.1 Contenido de humedad

Este ensayo tiene por finalidad, determinar la humedad de una muestra de suelo, formado por la suma de agua libre, capilar e higroscópica. La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este (especialmente en aquellos de textura más fina), como por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica. (lcc.ucv.cl, 2017)

El método tradicional de determinación de la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado a horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas, o sea:

$$\text{Cont. Humedad} = \frac{(\text{Muestra Humeda}) - (\text{Muestra Seca})}{(\text{Muestra Seca})} \times 100\%$$

El procedimiento para obtener el contenido de humedad de una muestra mediante el método del secado al horno es sencillo; primeramente se pesa el recipiente y se

coloca la muestra (cantidad a discreción) en un horno a 105°C durante 24 horas, luego se saca la muestra del horno y se pesa.

El contenido de humedad de las muestras recabadas dentro del polígono de trabajo presenta valores entre 7.56% - 9.62%; El método utilizado para la determinación del contenido de humedad de las muestras es el de secado al horno. (Ver Anexo 7)

5.3.2 Densidad

El picnómetro es un instrumento sencillo utilizado para determinar con precisión la densidad de líquidos. Su característica principal es la de mantener un volumen fijo al colocar diferentes líquidos en su interior. Esto sirve para comparar las densidades de dos líquidos pesando el picnómetro con cada líquido por separado y comparando sus masas. Es usual comparar la densidad de un líquido respecto a la densidad del agua pura a una temperatura determinada, por lo que al dividir la masa de un líquido dentro del picnómetro respecto de la masa correspondiente de agua, se obtiene la densidad relativa del líquido respecto a la del agua a la temperatura de medición. (Montes, 2015)

El picnómetro es muy sensible a los cambios de concentración de sales en el agua, por lo que se usa para determinar la salinidad del agua, la densidad de líquidos biológicos en laboratorios de análisis clínicos, entre otras aplicaciones.

Dentro de los ensayos de densidad realizados a las muestras recolectadas del polígono de trabajo (Muestra M1 – Muestra M3), se obtuvo datos de 1.73 g/cm³ - 1.93 g/cm³; (bajos con respecto a otros yacimientos en Sudamérica) (Ver Tabla 9) el método usado para obtener la densidad del material es el del picnómetro. (Ver Anexo 8)

Tabla 9. Tabla de densidades de yacimientos de diatomitas

YACIMIENTO	Boyacá	Bayobar
PAÍS	Colombia	Perú
Densidad Real (g/cm³)	1.95 – 2.27	2.15 – 2.37

Fuente: Verdeja et al, 1990; Manosalvas & Naranjo, 2009; Ramos, 1996

5.3.3 Granulometría

Se denomina clasificación del tamaño de granos o granulometría, a la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de materiales de una formación geológica, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica. (Bravo, et al., 2012)

Tabla 10. Escala Granulométrica usada para Geología

ESCALA GRANULOMÉTRICA	
PARTÍCULAS	TAMAÑO
Arcillas	< 0.002 mm
Limos	0.002 – 0.06 mm
Arenas	0.06 – 2 mm
Gravas	2 – 60 mm
Cantos rodados	60 – 250 mm
Bloques	> 250 mm

Fuente: Wikipedia

Los resultados del ensayo granulométrico realizado a las muestras recolectadas en el polígono de estudio se presentan en los Anexos, los análisis muestran que el porcentaje de granos < 63 µm (Arcillas) oscila entre 34.72% - 46.49% lo que nos indica

que las muestras se encuentran en un sedimento de grano medio. El método utilizado fue la granulometría en seco. (Ver Anexo 9)

5.3.4 Calcinación

La pérdida de peso por calcinación corresponde a los valores de agua combinada químicamente o tan fuertemente absorbida que no se pierde a 110°C, al dióxido de carbono procedente de la descomposición de los carbonatos de calcio y magnesio y también corresponde a valores de combustión de materia orgánica. El propósito de la calcinación para efectos de esta investigación es el endurecer los exoesqueletos de las diatomeas con el fin de crear un mejor agente de filtrado (Tello, 2013).

Valores de pérdida por calcinación de las muestras analizadas van entre 19.64% - 22.78%. (Ver Anexo 10)

5.3.5 Porosidad

En la porosidad están involucrados valores como el volumen de los diminutos huecos formados por los caparazones de las diatomitas individuales y el volumen existente entre dichos caparazones originado por la aglomeración de los mismos. La diatomita alcanza grandes valores de porosidad cuando los esqueletos que la conforman se encuentran enteros y las cavidades de los mismos no están obstruidas por impurezas (Tello, 2013)

La diatomita analizada presenta una porosidad de 15.85%. El método utilizado es el de la pesa hidrostática. (Ver Anexo 11)

5.3.6 Ensayo uniaxial

El ensayo de compresión simple describe la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos, mediante la aplicación de una carga axial con control de deformación. El ensayo se ejecuta sobre muestras inalteradas, remoldeadas o

compactadas. Este método de ensayo da un valor aproximado de la resistencia de los suelos cohesivos en términos de esfuerzos totales.

Este método de ensayo es aplicable solo a materiales cohesivos que no expulsan agua durante la etapa de carga del ensayo y que mantienen su resistencia intrínseca después de remover las presiones de confinamiento, como las arcillas o los suelos cementados. Los suelos secos friables, los materiales fisurados, laminados, los limos, las turbas y las arenas no pueden ser analizados por este método para obtener valores significativos de la resistencia a la compresión no confinada.

La diatomita analizada presenta un esfuerzo máximo (Qult) de 0.79 kg/cm^2 - 0.91 kg/cm^2 y una cohesión de 0.39 kg/cm^2 - 0.46 kg/cm^2 . (Ver Anexo 12)

5.3.7 Análisis Microscópico

La presencia de diatomeas en materiales de origen desconocido puede ser determinada únicamente mediante examen microscópico, muchas formas de diatomeas pueden identificarse únicamente con aumento de $200 \mu\text{m}$.

Mediante el examen microscópico se puede llegar a identificar a nivel taxonómico las diatomeas, además revela la presencia de fragmentación en las diatomeas y sirve para estimar la proporción de ciertas impurezas minerales de grano grueso (cuarzo, feldespatos, minerales pesados, etc.). (Tello, 2013)

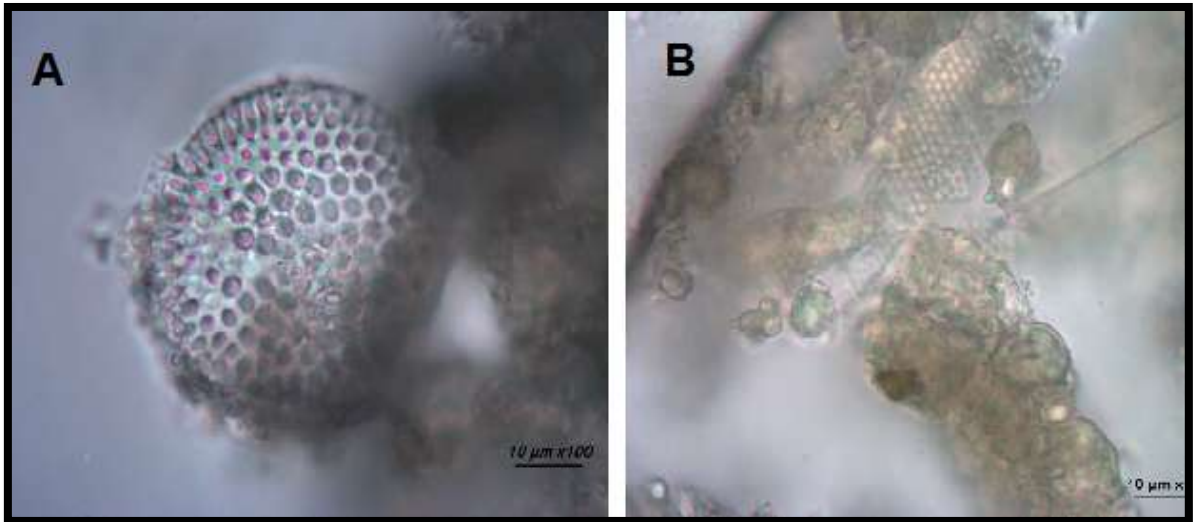


Gráfico 17. Frústula de diatomea integra (A) Diatomea fragmentada (B) Muestra M3.
Fuente: Carlos Tillaguango

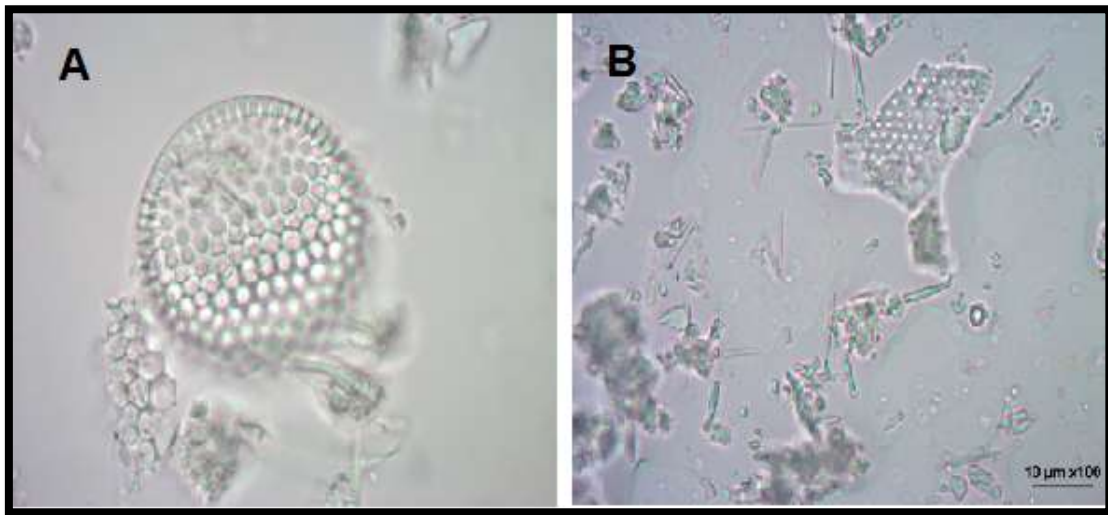


Gráfico 18. Frústula de diatomea integra (A), Espículas de esponja y diatomeas (B)
Fuente: Carlos Tillaguango



Gráfico 19. Diatomea centrada Muestra - M3
Fuente: Carlos Tillaguango

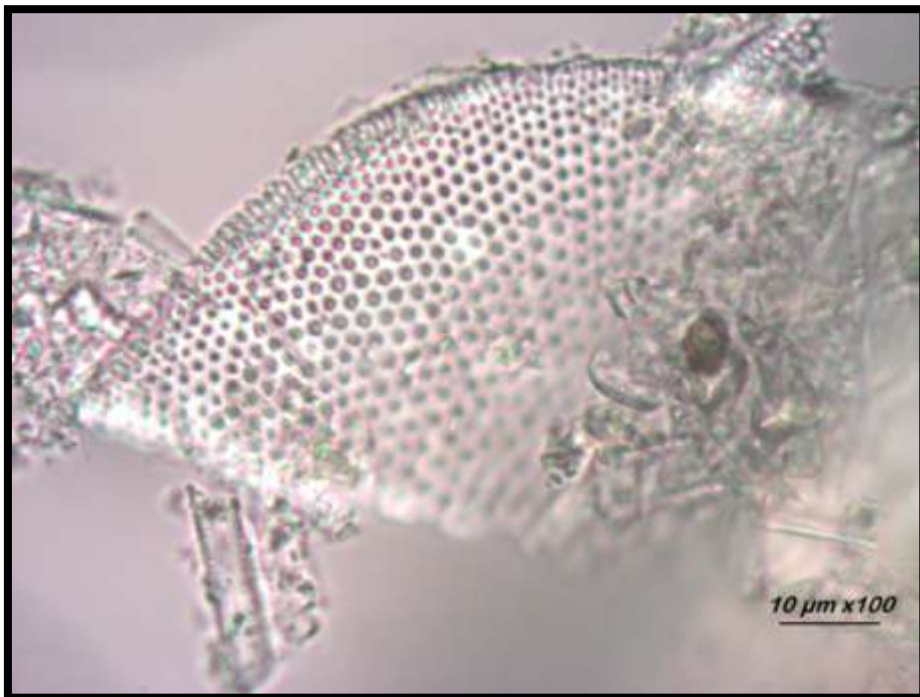


Gráfico 20. Frústula de diatomea fragmentada
Fuente: Carlos Tillaguango



Gráfico 21. Espícula de esponja.
Fuente: Carlos Tillaguango



Gráfico 22. Espículas de esponjas.
Fuente: Carlos Tillaguango.

El análisis microscópico muestra una gran cantidad de frústulas de diatomeas tanto integras como fragmentadas, así como espículas de esponja. (Ver Anexo 15)

5.4 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

5.4.1 Fluorescencia de Rayos X

La Fluorescencia de Rayos X es un método muy utilizado para el análisis elemental y análisis químico, particularmente en la investigación de metales, vidrios, cerámicos y materiales de construcción, así como en la de geoquímica, ciencia forense y arqueología. 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 gamma. (SAX Soluciones Analíticas, s.f.)

Los datos arrojados por el ensayo de Fluorescencia de Rayos X, luego de examinar cuatro muestras etiquetadas como M1, M2, M3 y E4 (Ver Tabla 11) nos muestran que los elementos con mayor presencia en las diatomitas de Villingota (> 1%) son: Aluminio, Silicio, Fosforo, Hierro y Calcio; mientras que los elementos con menor presencia (< 1%) son: Azufre, Titanio, Vanadio, Cromo, Manganeso, Níquel, Cobre, Circonio. (Ver Anexo 13)

Tabla 11. Datos ensayo de fluorescencia

DATOS DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X				
DATOS	MUESTRA %			
	MUESTRA 1 (M1)	MUESTRA 2 (M2)	MUESTRA 3 (M3)	ESTRATO 4 (E4)
Al ₂ O ₃	15.9	4.53	16.4	13.5
SiO ₂	51.3	7.82	53.2	71.5
P ₂ O ₅	1.42	1.76	1.34	-
S	0.101	0.36	0.11	-
CaO	17.7	60.4	16.1	3.39
TiO ₂	0.66	0.15	0.677	0.21
V ₂ O ₅	0.03	0.06	0.04	0.012
Cr ₂ O ₃	0.074	0.03	0.073	0.058
MnO	0.087	0.24	0.089	0.137
Fe ₂ O ₃	8.01	10.81	7.15	8.62
NiO	0.054	0.373	0.049	0.008
CuO	0.02	0.045	0.019	0.014
Sr	0.081	0.078	0.074	0.086
ZrO ₂	0.015	-	-	0.02

Fuente: El Autor

- ✓ **El Óxido de Silicio (SiO₂)** se encuentra en las 4 muestras con un promedio de **45.95%**, siendo la Muestra **E4** la que presenta más cantidad con un **71.5%**; así como la Muestra **M2** la que presenta la cantidad más baja con un **7.82%**.
- ✓ **El Óxido de Calcio (CaO)** se encuentra en las 4 muestras con un promedio de **24.39%**, siendo la Muestra **M2** la que presenta más cantidad con un **60.4%**; así como la Muestra **E4** la que presenta la cantidad más baja con un **3.39%**.

- ✓ **El Óxido de Hierro (Fe_2O_3)** se encuentra en las 4 muestras con un promedio de **8.64%**, siendo la Muestra **M2** la que presenta más cantidad con un **10.81%**; así como la Muestra **M3** la que presenta la cantidad más baja con un **7.15%**.
- ✓ **El Óxido de Aluminio (Al_2O_3)** se encuentra en las 4 muestras con un promedio de **12.58%**, siendo la Muestra **M3** la que presenta más cantidad con un **16.4%**; así como la Muestra **M2** la que presenta la cantidad más baja con un **4.53%**.

Luego del análisis de datos, el ensayo de Fluorescencia de Rayos-X muestra que la calidad de la diatomita es muy baja, puesto que los parámetros químicos para una diatomita de buena calidad son: contener más del 80% de Oxido de Silicio (SiO_2) y valores sumados de Óxido de Hierro (Fe_2O_3) y Oxido de Aluminio (Al_2O_3) menores al 3%.

5.5 CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA

5.5.1 Difractometría de Rayos X

Esta técnica se basa en hacer incidir un haz de Rayos-X sobre un monocristal de algún compuesto químico o varios cristales de una muestra (roca, sedimento, etc.). En un monocristal los átomos están dispuestos de forma periódica en las tres dimensiones del espacio y cuando un haz de Rayos-X incide sobre ellos, actúan como fuentes secundarias y re-emiten los Rayos-X en todas direcciones. La diferencia de caminos ópticos recorridos por los Rayos-X da lugar a fenómenos de interferencia y el resultado final es que el rayo incidente se separa en rayos difractados. Con un detector de Rayos-X se mide la dirección en la que han salido los rayos difractados y su intensidad, pero se pierde la información sobre su fase. Un tratamiento matemático complejo de los datos medidos, realizado con ordenador (Laboratorio de Técnicas Instrumentales UVA, s.f.)

El ensayo de Difractometría de Rayos-X permitió identificar y cuantificar minerales arcillosos presentes en las muestras recabadas del polígono de estudio dado de que estos minerales son los principales contaminantes de las muestras provocando la pérdida de porosidad y permeabilidad de la roca. (Ver Anexo 14)

Luego de revisar los valores del ensayo de Fluorescencia de Rayos-X se realiza la comparación con los datos recabados en el ensayo de Difractometría de Rayos-X, y al tener valores altos de Calcio, Aluminio es lógico que se encuentren minerales como Calcita (Calcio), Montmorillonita, Ilita y Albita (Aluminio).

Los datos recabados indican que los componentes mineralógicos más recurrentes (> 20%) en las muestras analizadas (Muestra-M1, Muestra-M3) fueron la Calcita, Zeolita e Ilita. Aunque también se presenta una cantidad importante de minerales como la Montmorillonita, Albita y Caolinita (Ver Tabla 12). Los resultados de los minerales que componen la diatomita fueron obtenidos mediante el programa EVA y fueron corroborados por el programa TOPAS el cual también brinda los porcentajes de dicha composición mineralógica. (Ver Anexo 14)

Tabla 12. Composición mineralogía de las diatomitas

Mineral	Muestra – M1	Muestra – M3
	Diatomita (%)	Diatomita (%)
Cuarzo	8.19	12.56
Clorita	0.47	-
Albita	0.92	12.42
Calcita	40.71	19.33
Montmorillonita	8.55	17.18
Ilita	16.79	28.12
Zeolita	24.38	-
Caolinita	-	10.21

Fuente: El Autor

CONCLUSIONES

- ✓ Analizada la información previa junto con el trabajo de campo y ensayos de laboratorio, se determinó que dentro del polígono de trabajo se encuentran las siguientes Formaciones:

Formación Tosagua dentro de esta formación tenemos el miembro Villingota que se compone de lutitas que una vez analizadas en laboratorio podemos decir que son lutitas diatomáceas, mientras que el miembro Dos Bocas se compone de arcilla poco compacta de coloración café así como de conglomerados.

Formación Progreso compuesta de conglomerados, lutitas y arcillas.

- ✓ Dentro del polígono de estudio la distribución de las lutitas diatomáceas se extiende desde la zona S-E hacia la zona N-W del polígono siguiendo el trayecto de la Vía a la Costa, con datos estructurales que van desde $37^{\circ}/19^{\circ}$ hasta $164^{\circ}/10^{\circ}$. (Azimut de buzamiento)
- ✓ Físicamente las diatomitas cumplen con los parámetros con un peso específico de 1.73 g/cm^3 a 1.93 g/cm^3 , valores cercanos a la del sílice 2.1 g/cm^3 , una porosidad abierta de 15.85 %; el análisis granulométrico determinó que las diatomitas pertenecen a un sedimento grano grueso medio, la pérdida por calcinación indican pérdidas entre 19,64 % y 22.78 %, lo cual prueba la presencia de agua higroscópica, carbonatos y materia orgánica.
- ✓ Químicamente el ensayo de Fluorescencia de Rayos-X muestra un bajo contenido de Oxido de Silicio (SiO_2) con un 45.95% y oxido de calcio (CaO) 24.39%, así como un alto contenido de Óxido de Hierro (Fe_2O_3) con un 8.54% y Oxido de Aluminio (Al_2O_3) con un 12.58%, lo que nos indica que la calidad de la diatomita es muy baja, puesto que los parámetros para una diatomita de buena calidad debe

contener más del 80% de Oxido de Silicio (SiO_2) y valores sumados de Óxido de Hierro (Fe_2O_3) y Oxido de Aluminio (Al_2O_3) menores al 3%.

- ✓ La diatomita requiere valores de Fe_2O_3 menores al 3% y CaO menor al 0.1%, así como valores sumados de Fe_2O_3 y Al_2O_3 , menores al 3% para ser utilizada como material filtrante; las muestras analizadas quedan descartadas para uso filtrante puesto que posee un 8.54% de Fe_2O_3 y un 45.95% de CaO. Y valores sumados de Fe_2O_3 y Al_2O_3 de 21.12%.
- ✓ Mineralógicamente, las fases mineralógicas determinadas, presentan como componente mayoritario a la Calcita con un valor promedio entre las muestras analizadas de 30.02%, Cuarzo SiO_2 con 10.38%, grupo de la Caolinita (Caolinita, Dickita y Nacrita) con 10.21%, grupo de las arcillas (Montmorillonita, Vermiculita, Pirofilita) con 25.73%, grupo de la Ilita (Ilita) con 44.91%.
- ✓ Microscópicamente los resultados arrojaron una gran cantidad de fósiles de diatomeas aunque fueron pocos los que se encontraron íntegros puesto que muchos de ellos se encontraban fragmentados, otros restos de microorganismos encontrados en el análisis microscópico fueron las espículas de esponjas.
- ✓ Se determinó que dentro del polígono de estudio se encuentran alojadas tres canteras con unas reservas probables de 6 820.62 Toneladas.
- ✓ Sobre las diatomitas del polígono de trabajo ubicado en el sector angostura pueblo Villingota se concluye que, su distribución es regular iniciando en el pueblo de Olmedo y terminando en la comuna Sucre, se presentan en capas de lutita y arcilla a lo largo de la parte media baja del polígono en sentido NW - SE. Los análisis de laboratorio demuestran que las propiedades físicas cumplen con las condiciones requeridas para diatomitas, contrario a las características químicas que difieren de las condiciones establecidas, sin embargo los análisis

microscópicos prueban que son diatomitas y que se presentan en una buena cantidad, sin embargo en la condición actual no son recomendables para su extracción ni uso industrial.

RECOMENDACIONES

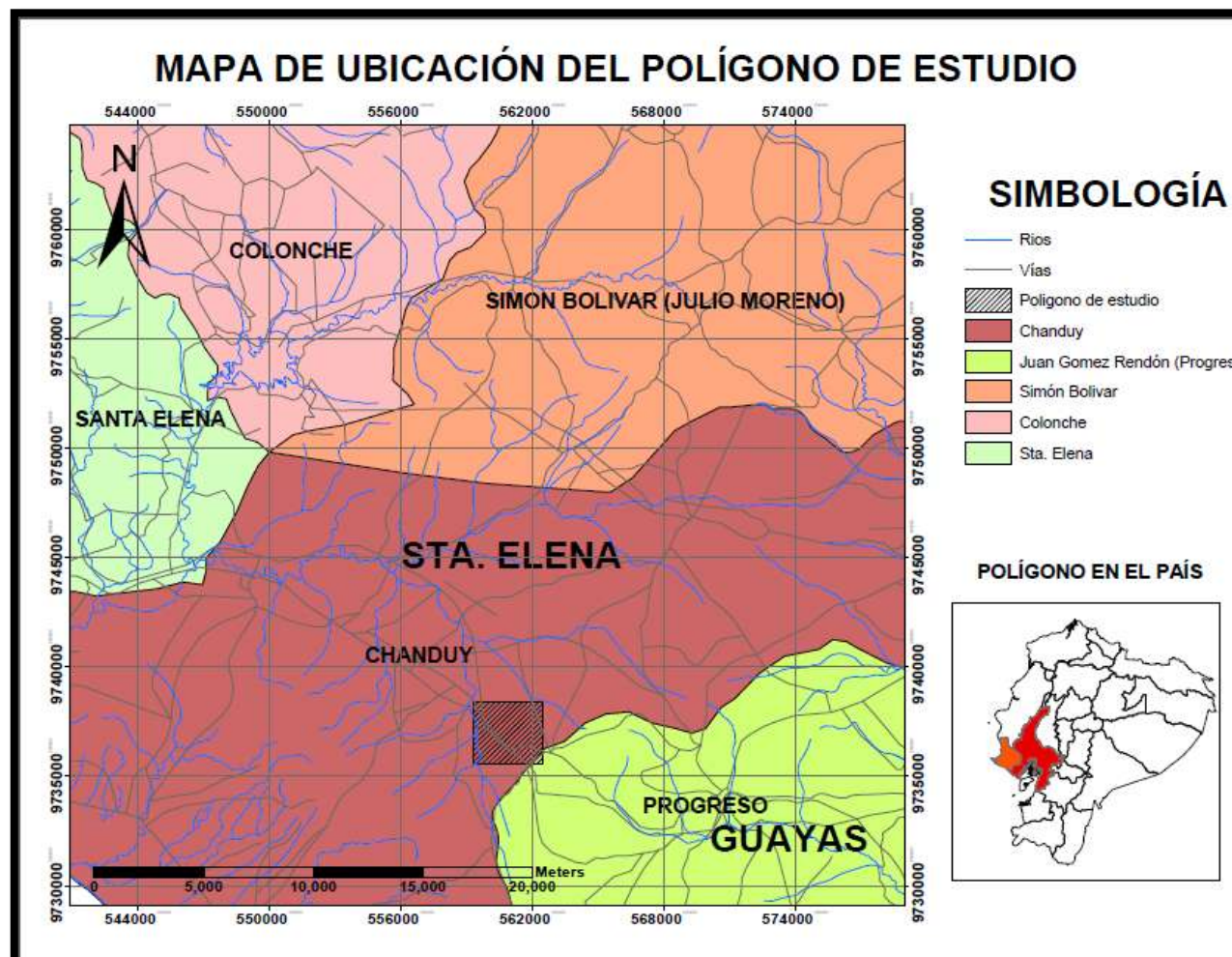
- ✓ Para realizar un ensayo de Difractometría de Rayos-X se recomienda hacer dos ensayos de DRX a cada muestra, un ensayo debe ser analizada luego de ser homogeneizadas, y el otro debe ser analizada luego de preparar la muestra con ensayos como: materia orgánica y calcinación.
- ✓ Realizar una investigación en otros sectores de la Vía a la Costa, tramo Guayaquil – Salinas, puesto que también se encuentra material con características parecidas a la diatomita a lo largo de este trayecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Antonides. (1998). *Diatomite: U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 1998, p. 56-57.*
- Barron. (1987).
- Bravo, R., Garcia, N., Morales, V., & Ramirez, A. (2012). *Análisis granulométrico.*
- Brito, S., & Markwich, H. (1989). *Diatomita, perfil de materia prim y yacimientos en el Ecuador.*
- Carlos Illana, M. B. (2008). *Usos industriales de las algas diatomeas. Quercus 267.*
- Centro del Agua y Desarrollo Sustentable CADS – ESPOL. (2010). *Proyecto de Evaluación de Vulnerabilidad y Reducción de Riesgo de Desastres a Nivel Municipal en el Ecuador ECHO/DIP/BUD/2011/91002.*
- diatomeasbp.blogspot. (2015). *Las Diatomeas.*
- Diaz Rodriguez, J. A. (2011). *Comportamiento monotónico de suelos diatomeceos. Mexico DF.*
- Dolley, T. P., & Moyle, P. R. (2003). *History and overview of the U.S. diatomite mining industry, with emphasis on the Western United States, in Bliss, J.D., Moyle, P.R., and Long, K.R., eds., Contributions to industrial-minerals research: U.S. Geological Survey Bulletin 2209.*
- ESPOL, C. d. (2013). *Proyecto de Evaluación de Vulnerabilidad y Reducción de Riesgo de Desastres a Nivel Municipal en el Ecuador ECHO/DIP/BUD/2011/91002. Sta. Elena.*
- GAD - Chanduy. (2014). *"Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia rural Chanduy 2014 - 2019".*
- icc.ucv.cl. (2017). *Determinacion del contenido de humedad.*
- Javier, V. G. (2014). *"PLAN ESTRATÉGICO PARA LA COMUNA VILLINGOTA, PARROQUIA CHANDUY, CANTÓN SANTA ELENA, 2014-2019". La Libertad - Ecuador.*
- Laboratorio de Técnicas Instrumentales UVA. (s.f.). *Laboratorio de Técnicas Instrumentales UVA.* Obtenido de <http://laboratoriotecnicasinstrumentales.es>
- Montes, N. (2015). *Determinacion de la densidad de un solido.*
- Motorpasion Futuro. (17 de 07 de 2011). *Motorpasion Futuro.* Obtenido de <https://www.motorpasionfuturo.com>
- Paladines, A., & Soto, J. (2010). *Geología y yacimientos minerales del Ecuador.* Loja, Loja, Ecuador: UTPL.

- Peralta, M. G., Newton, S., Carneiro, M. A., Gonçalves, M. A., & Delicio, M. P. (04 de 2010). Mineralogical characterization of the Diatoms Lutites. *Geociências*, 229-237.
- Rosales, V. R. (2012). *Geología y caracterización físicas de puzolanas de la zona oriental de Guatemala*. Guatemala.
- Round, F. E., Crawford, R., & Mann, D. (1990). *Diatoms: Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- SAX Soluciones Analíticas. (s.f.). *SAX Soluciones Analíticas*. Obtenido de <http://www.sax.cl/xrf>
- Tello, V. L. (2013). *Caracterización de las diatomitas de la formación San Cayetano*.
- UNAM - Instituto de Geofísica. (2012). *Diatomeas: División Bacillariophyta*.
- Unitec, M. d. (2014). *Investigación sobre la resistencia al corte del suelos*.
- Uson.mx. (2017).
- Wallace. (2003). Regional Geologic Setting of Late Cenozoic Lacustrine Diatomite Deposits, Great Basin and Surrounding Region: Overview and Plans for Investigation.

ANEXOS



VÍAS DE ACCESO A LA ZONA DE ESTUDIO



Gráfico 23. Vía a la Costa
Fuente: El Autor



Gráfico 24. Senderos dentro del polígono de estudio en buen estado.
Fuente: El Autor



Gráfico 25. Sendero dentro del polígono de estudio de difícil acceso.
Fuente: El Autor



Gráfico 26. Caminos dentro del polígono de estudio vecinales
Fuente: El Autor



Gráfico 27. Afloramiento de diatomita – X: 560822 - Y: 9735892 Dato Estructural: 82°/12°
Fuente: El Autor



Gráfico 28. Afloramiento de diatomita – X: 560787 - Y: 9736664
Fuente: El Autor



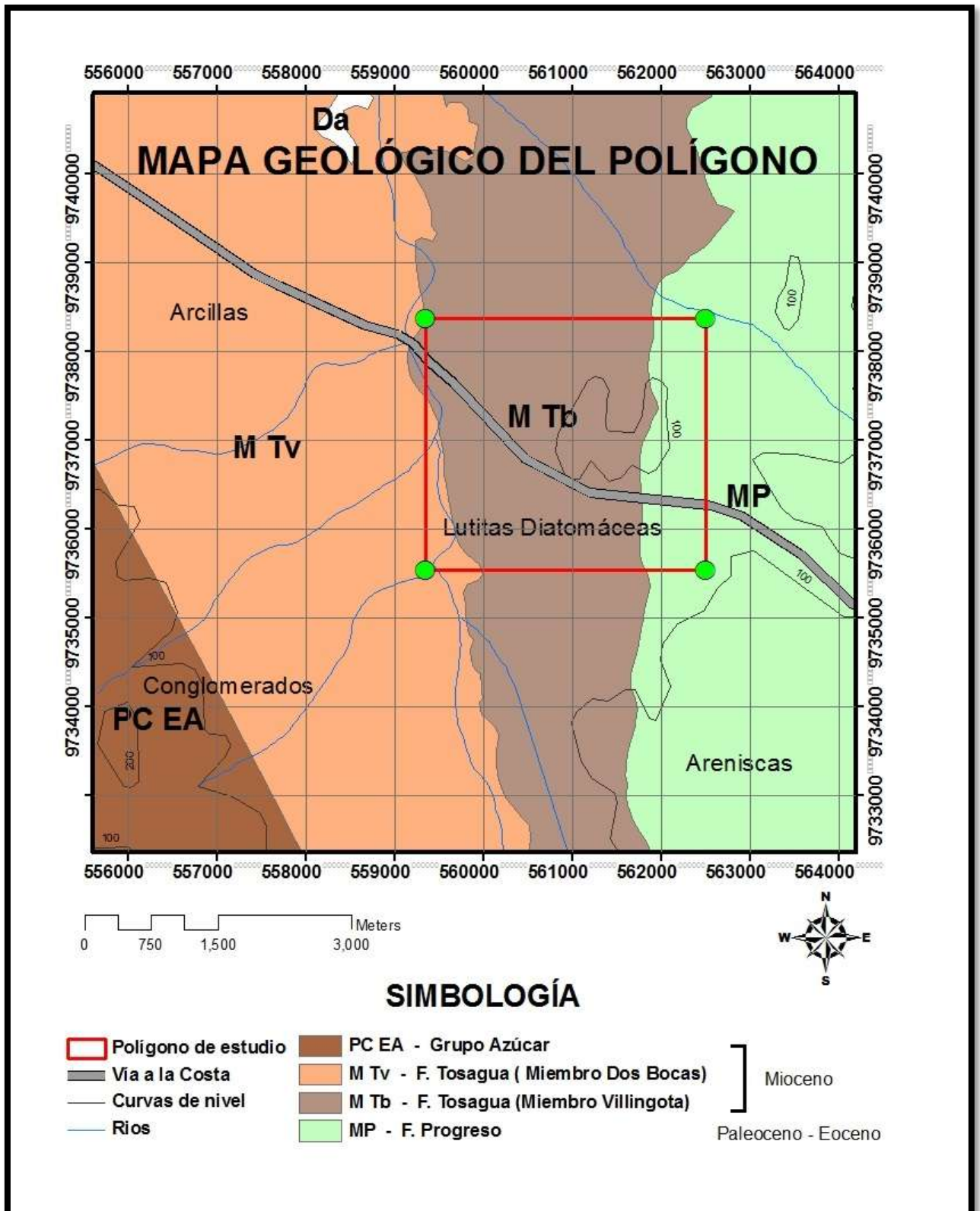
Gráfico 29. Relieve de la zona – Arcilla café oscura – X: 559472 – Y: 9735638
Fuente: El Autor



Gráfico 30. Afloramiento tipo del polígono: Arcilla café sin presencia de diatomitas
Fuente: El Autor



Gráfico 31. Calicata hecha para reserva de agua, arcilla café sin presencia de diatomitas
Fuente: El Autor



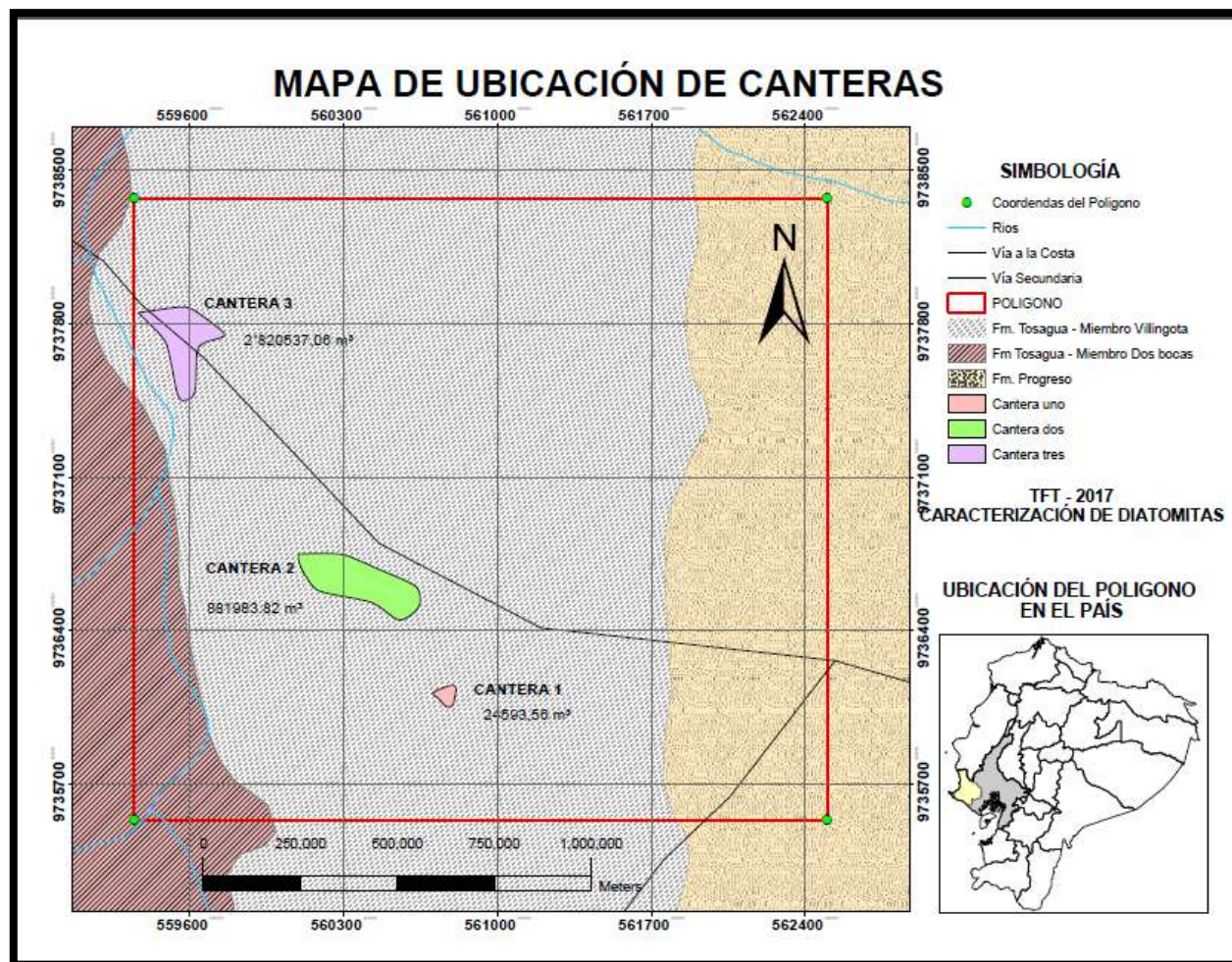


Tabla 13. Coordenadas de puntos de estudio para delimitación de canteras

ID	X	Y	CANTERA	DATO EST.	DESCRIPCIÓN
1	560705	9736100	Cantera 1	135°/6°	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
2	560705	9736116	Cantera 1	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
3	560738	9736095	Cantera 1	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
4	560779	9736146	Cantera 1	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
5	560805	9736159	Cantera 1	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
6	560818	9736134	Cantera 1	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
7	560802	9736108	Cantera 1	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
8	560735	9736135	Cantera 1	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
9	560764	9736047	Cantera 1	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
10	560802	9736055	Cantera 1	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
11	560097	9736750	Cantera 2	164°/10°	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
12	560085	9736719	Cantera 2	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
13	560171	9736582	Cantera 2	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
14	560439	9736529	Cantera 2	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
15	560556	9736437	Cantera 2	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
16	560650	9736508	Cantera 2	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
17	560643	9736599	Cantera 2	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
18	560303	9736749	Cantera 2	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
19	560196	9736752	Cantera 2	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
20	559551	9737440	Cantera 3	148°/8°	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
21	559624	9737464	Cantera 3	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
22	559493	9737719	Cantera 3	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
23	559633	9737705	Cantera 3	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
24	559776	9737744	Cantera 3	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
25	559594	9737880	Cantera 3	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
26	559366	9737850	Cantera 3	-	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones

Fuente: El Autor

Tabla 14. Puntos de referencia de afloramientos y calicatas de la zona de estudio.

ID	X	Y	TIPO DE PTO.	DATO EST.	DESCRIPCIÓN
1	561604	9735948	Afloramiento	37°/29°	Diatomita meteorizada; Arcillolita blanca compacta
2	560822	9735892	Afloramiento	82°/12°	Diatomitas blancas con presencia de oxidaciones
3	560682	9736860	Afloramiento	-	Pequeño deposito de diatomita meteorizada
4	562395	9736013	Pto. Referencia	-	Arcilla café con clastos pequeños de diatomita
5	561349	9736230	Pto. Referencia	-	Diatomita muy meteorizada
6	561318	9736021	Pto. Referencia	-	Diatomitas blancas y areniscas muy meteorizada
7	560403	9736798	Pto. Referencia	-	Diatomita muy meteorizada
8	559489	9737711	Pto. Referencia	-	Diatomita muy meteorizada
9	559853	9737870	Pto. Referencia	-	Arcilla café oscura sin diatomita
10	560826	9737954	Pto. Referencia	-	Arcilla café oscura sin diatomita
11	560380	9737346	Pto. Referencia	-	Arcilla café oscura sin diatomita
12	561287	9737212	Pto. Referencia	-	Arcilla café oscura sin diatomita
13	561380	9737746	Pto. Referencia	-	Arcilla café oscura sin diatomita
14	561542	9738261	Pto. Referencia	-	Arcilla café oscura sin diatomita
15	562170	9737754	Pto. Referencia	-	Arcilla café oscura sin diatomita
16	562488	9737331	Pto. Referencia	-	Arcilla café oscura sin diatomita
17	562143	9736665	Pto. Referencia	-	Arcilla café oscura sin diatomita
18	561473	9736639	Pto. Referencia	-	Arcilla café oscura sin diatomita
19	560015	9736292	Pto. Referencia	-	Arcilla café oscura sin diatomita
20	559683	9736031	Pto. Referencia	-	Arcilla café oscura sin diatomita
21	560162	9735677	Pto. Referencia	-	Arcilla café oscura sin diatomita
22	559380	9735634	Pto. Referencia	-	Arcilla café oscura sin diatomita
23	560690	9736151	Calicata	-	Conglomerado café con clastos de diatomita
24	559411	9737863	Calicata	-	Arcilla café oscura sin diatomita
25	560101	9736718	Calicata	-	Arcilla compacta sin presencia de diatomita
26	559698	9736952	Calicata	-	Arcilla café oscura sin diatomita
27	560310	9736510	Calicata	-	Arcilla café oscura sin diatomita

Fuente: El Autor



CARACTERIZACIÓN FÍSICA: CONTENIDO DE HUMEDAD

Objetivo

Determinar el contenido de humedad natural contenido en la muestra analizada.

Fundamento

Mediante la diferencia de peso se determina el contenido de humedad, la humedad es una propiedad importante puesto que influye en otras propiedades físicas como el peso, densidad y conductividad eléctrica.

Materiales y equipos utilizados

- ✓ Estufa
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Recipiente pírrex

Procedimiento

1. Pesar el recipiente y luego pesar la muestra más el recipiente.
2. Colocar la muestra en el horno durante 24 horas con el fin de eliminar la mayor cantidad de agua posible
3. Pesar la muestra

Cálculos

$$Ch = \frac{(Wh - Wr) - (Ws - Wr)}{(Ws - Wr)} \times 100\%$$

Donde

Ch= Contenido de humedad

Ws= Peso muestra seca

Wh= Peso muestra húmeda

Wr= Peso del recipiente

Tabla 15. Datos del ensayo de contenido de humedad Muestra-M1

CONTENIDO DE HUMEDAD	
MUESTRA - M1	
Peso muestra húmeda:	649.59 g
Peso muestra seca:	592.61 g
Contenido de humedad:	9.62%

Fuente: El Autor

Tabla 16. Datos del ensayo de contenido de humedad Muestra-M3

CONTENIDO DE HUMEDAD	
MUESTRA - M3	
Peso muestra húmeda:	819.35 g
Peso muestra seca:	761.75 g
Contenido de humedad:	7.56%

Fuente: El Autor



Gráfico 32. Horno de laboratorio (A), Recipiente pirex (B)

Fuente: Google – imágenes

Elaboración: El Autor



CARACTERIZACIÓN FÍSICA: DENSIDAD REAL

Objetivo

Determinar la gravedad específica de la diatomita mediante el método del picnómetro

Fundamento

Las rocas al tener densidades conocidas, convierten a la determinación de esta propiedad en muy importante.

Materiales y equipos utilizados

- ✓ Picnómetro
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Agua destilada

Procedimiento

1. Pesar el picnómetro con su tapa en la balanza electrónica.
2. Remover la tapa y colocar la muestra (cantidad a discreción) dentro de picnómetro y pesar.
3. Remover la tapa y agregar agua destilada hasta llenar el picnómetro, posteriormente pesar.
4. Lavar el picnómetro, limpiarlo y secarlo, posteriormente llenar el picnómetro de agua destilada y pesar.
5. Repetir el proceso 3 veces por cada muestra para hacer un promedio.

Cálculos

$$\gamma = \frac{(P_m - P_v)}{(P_m + P_a) - (P_v + P_{ma})}$$

Donde

P_m= Peso de picnómetro con muestra

P_a= Peso de picnómetro con agua

P_v= Peso de picnómetro vacío

P_{ma}= Peso de picnómetro con muestra y agua

DATOS DEL ENSAYO DE DENSIDAD REAL

El ensayo de densidad real se lo realizo a 2 de las 4 muestras recolectadas (Muestra- M1 y Muestra – M3), los datos obtenidos son los siguientes:

Tabla 17. Datos ensayo de densidad Muestra M1

MUESTRA M1			
DATOS PARA EL ENSAYO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Peso de picnómetro vacío (A)	13,28	13,28	13,28
Peso de picnómetro + Muestra (B)	14,50	14,59	14,22
Peso de picnómetro + Agua + Muestra (C)	24,15	24,21	24,00
peso de picnómetro + Agua (D)	23,57	23,57	23,55
DENSIDAD REAL	1,91	1,96	1,92
PROMEDIO	1,93 g/cm³		

Fuente: El Autor

Tabla 18. Datos ensayo de densidad Muestra M3

MUESTRA M3			
DATOS PARA EL ENSAYO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
Peso de picnómetro vacío (A)	13,28	13,28	13,28
Peso de picnómetro + Muestra (B)	15,77	15,53	15,00
Peso de picnómetro + Agua + Muestra (C)	24,49	24,51	24,35
peso de picnómetro + Agua (D)	23,56	23,56	23,55
DENSIDAD REAL	1,60	1,73	1,87
PROMEDIO	1,73 g/cm³		

Fuente: El Autor

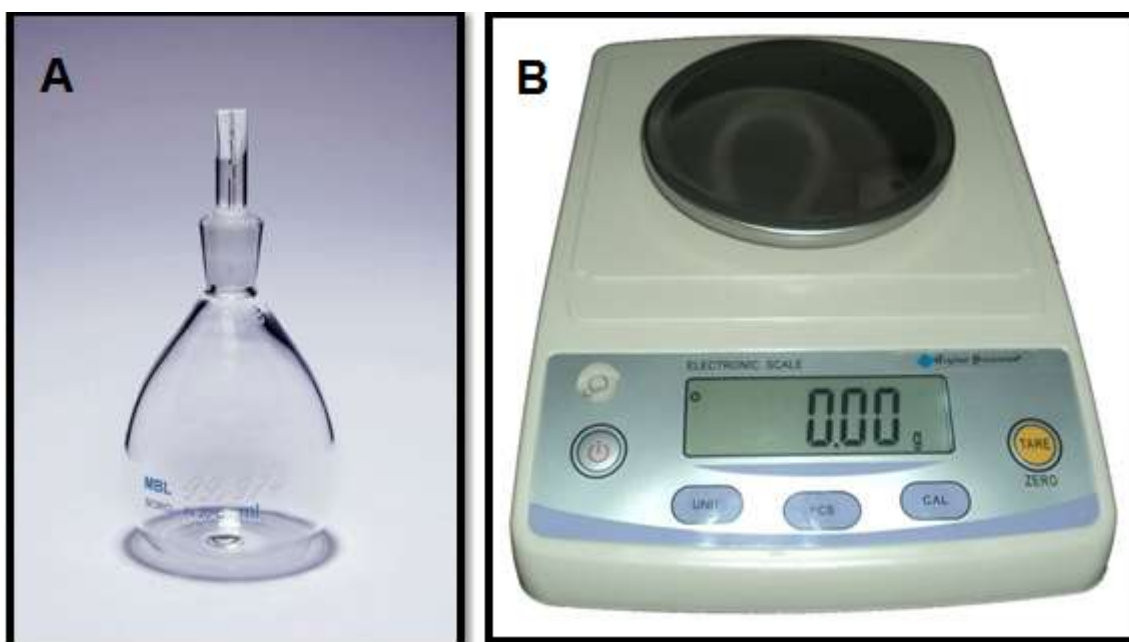


Gráfico 33. Picnómetro vacío (A), Balanza electrónica (B).

Fuente: Google – Imágenes

Elaboración: El Autor



CARACTERIZACIÓN FÍSICA: GRANULOMETRÍA

Objetivo

Obtener una descripción granulométrica de la muestra de diatomita.

Fundamento

La granulometría es de extrema importancia como medida de control para los procesos de reducción de tamaño al que debe sujetarse el material.

Materiales y equipos utilizados

- ✓ Serie de tamices ASTM (Malla 10, 18, 35, 60, 120, 200, 230, 325, 400)
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Recipiente de metal

Procedimiento

1. Limpiar cada tamiz, y pesarlos en la balanza electrónica.
2. Colocar el recipiente en la balanza y encerrar, pesar 250 g y anotar el resultado.
3. Colocar la serie de tamices en el agitador mecánico, colocar la muestra y encenderlo por 10 minutos.
4. Llevar a la balanza cada tamiz con su respectivo retenido y pesarlos.
5. Repetir el proceso 3 veces por cada muestra para hacer un promedio.

Cálculos

Peso de la muestra = Retenido en cada tamiz – Peso del tamiz

$$\text{Porcentaje del peso} = \frac{\text{Peso de muestra} \times 100}{\text{Suma de los retenidos en cada tamiz}}$$

DATOS DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

El ensayo de granulometría se lo realizo a 2 de las 4 muestras recolectadas (Muestra- M1 y Muestra – M3), los datos obtenidos son los siguientes:

DESCRIPCIÓN GRANULOMÉTRICA Muestra – M1:

ENSAYO GRANULOMETRÍA						
MUESTRA M1 - Peso Inicial: 250,61 g						
TAMIZ		PESO	PESO TAMIZ	PESO	PESO %	RETENIDO
mm	ASTM	TAMIZ (g)	+ MUESTRA (g)	MUESTRA (g)		ACUMULADO (%)
2	10	684.53	686.78	2.25	0.90	0.9
1	18	288.58	291.63	3.05	1.22	2.12
0.5	35	315.05	345.06	30.01	12.01	14.13
0.25	60	238.74	274.58	35.84	14.34	28.47
0.125	120	281.03	309.35	28.32	11.33	39.80
0.075	200	266.2	289.51	23.31	9.33	49.12
0.063	230	274.91	285.87	10.96	4.38	53.51
0.045	325	218.08	230.11	12.03	4.81	58.32
0.038	400	265.06	272.52	7.46	2.98	61.30
	-400	394.79	491.51	96.72	38.70	100.00
TOTAL				249.95	100.00	

GRAVAS: 0.9 % **ARENA:** 57.42 %

LIMOS: 7.79 % **ARCILLA:** 38.70 %

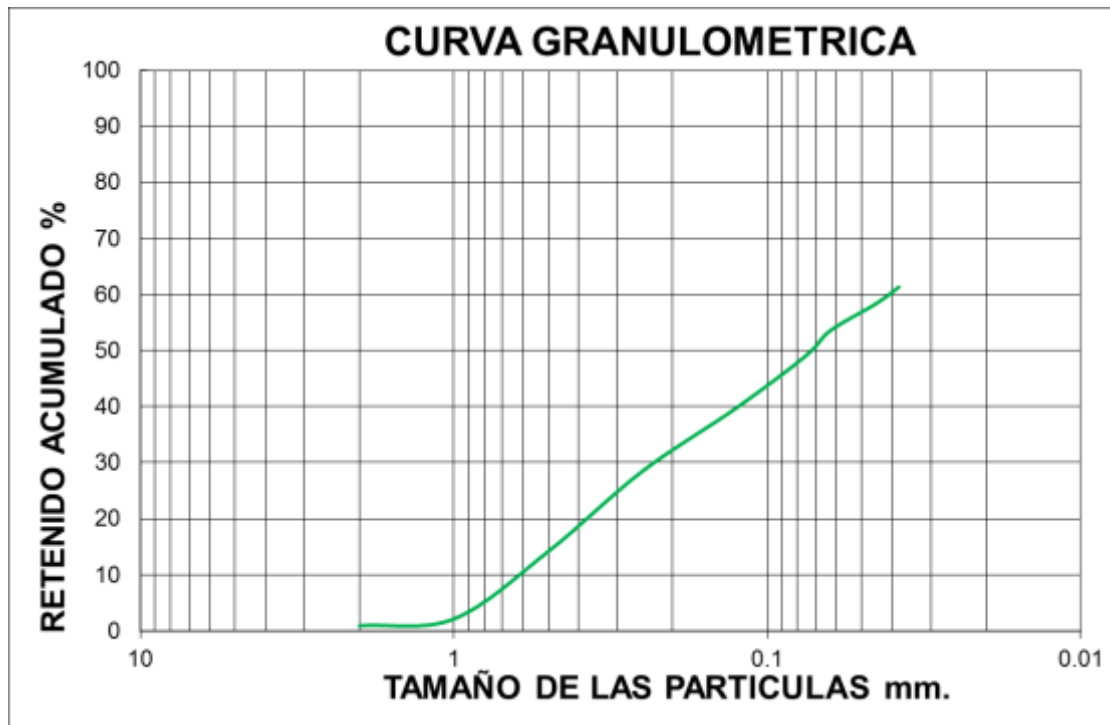
DESCRIPCIÓN GRANULOMÉTRICA Muestra – M3:

ENSAYO GRANULOMETRÍA						
MUESTRA M3 - Peso Inicial: 250.38 g						
TAMIZ		PESO	PESO TAMIZ	PESO		RETENIDO
mm	ASTM	TAMIZ	+ MUESTRA	MUESTRA	PESO %	ACUMULADO
		(g)	(g)	(g)		(%)
2	10	684.53	684.88	0.35	0.14	0.14
1	18	288.58	314.38	25.80	10.33	10.47
0.5	35	315.05	347.06	32.01	12.82	23.29
0.25	60	238.74	290.02	51.28	20.53	43.82
0.125	120	281.03	326.26	45.23	18.11	61.94
0.075	200	266.2	273.00	6.80	2.72	64.66
0.063	230	274.91	276.45	1.54	0.62	65.28
0.045	325	218.08	220.21	2.13	0.85	66.13
0.038	400	265.06	265.89	0.83	0.33	66.46
	-400	394.79	478.54	83.75	33.54	100.00
TOTAL				249.72	100.00	

GRABA: 0.14 % ARENA: 65.14 %

LIMO: 1.19 % ARCILLA: 33.54 %

CURVA GRANULOMÉTRICA Muestra - M1



CURVA GRANULOMÉTRICA Muestra - M3

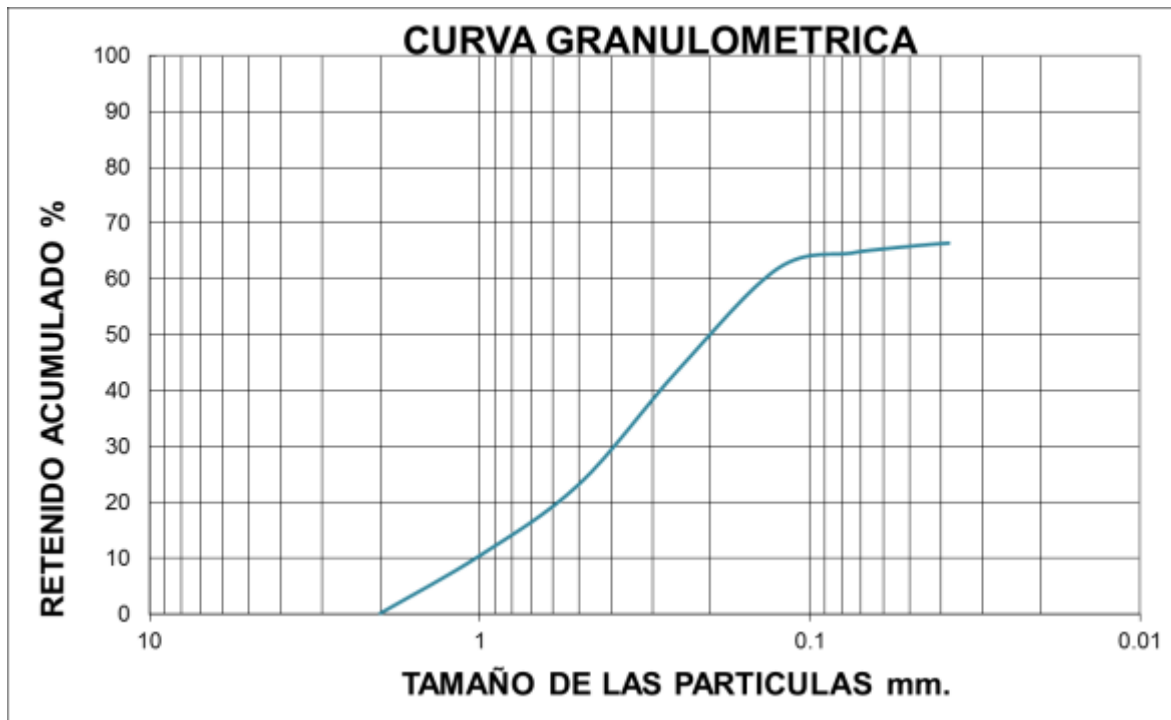




Gráfico 34. Serie de tamices
Fuente: El Autor



Gráfico 35. Peso del tamiz con muestra
Fuente: El Autor



CARACTERIZACIÓN FÍSICA: CALCINACIÓN

Objetivo

Determinar el porcentaje de pérdida por calcinación.

Fundamento

La pérdida por calcinación corresponde al contenido de agua que no puede ser eliminada a 110°C dióxido de carbono y combustión de materia orgánica contenida.

Materiales y equipos utilizados

- ✓ Horno
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Crisoles

Procedimiento

1. Precalear el horno a 1100°C.
2. Limpiar el crisol de cualquier impureza y pesarlos.
3. Colocar una cantidad cualquiera de muestra en el crisol y pesarlo.
4. Colocar el crisol en el horno durante una hora.
5. Sacar el crisol del horno y colocarlo en el desecador durante un tiempo prudente hasta que se enfríe.
6. Sacar el crisol del desecador y pesarlo. repetir el proceso para cada muestra.

Cálculos

$$\text{Pérdida por calcinación} = \frac{M_s - M_c}{M_s} \times 100\%$$

Donde

Ms= Muestra sin calcinar

Mc= Muestra calcinada

DATOS DEL ENSAYO DE CALCINACIÓN

El ensayo de calcinación se lo realizo a 2 de las 4 muestras recolectadas (Muestra- M1 y Muestra – M3), los datos obtenidos son los siguientes:

Tabla 19. Datos del ensayo de Calcinación

PERDIDA POR CALCINACIÓN				
DATOS	MUESTRA - M1		MUESTRA - M3	
	Muestra sin calcinar	Muestra calcinada	Muestra sin calcinar	Muestra calcinada
Peso del crisol (gr)	14.42	14.42	13.44	13.44
Peso del crisol + Muestra (gr)	17.80	17.03	17.92	17.04
Peso de la Muestra (gr)	3.38	2.61	4.48	3.60
Pérdida por calcinación (%)	22.78		19.64	



Gráfico 36. Crisoles con muestras
Fuente: El Autor



Gráfico 37. Portacrisoles luego de salir del horno.
Fuente: El Autor



Gráfico 38. Crisoles en el desecador.
Fuente: El Autor



CARACTERIZACIÓN FÍSICA: POROSIDAD

Objetivo

Determinar la porosidad abierta de las diatomitas mediante el método de la pesa hidrostática.

Fundamento

En la porosidad están involucrados dos valores. el primero es el volumen de los diminutos huecos formados por los caparazones de las diatomitas individuales. el segundo es el volumen existente entre dichos caparazones originado por la aglomeración de los mismos.

Materiales y equipos utilizados

- ✓ Cortadora de rocas
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Vaso de precipitación
- ✓ Hilo de Nailon.

Procedimiento

1. Cortar la roca en cubos de 1.5 cm por 1.5 cm.
2. Pesar el cubo en la balanza.
3. Colocar el cubo en un vaso de precipitación lleno de agua durante 24 horas.
4. Colocar el crisol en el horno durante una hora.
5. Amarrar un extremo del hilo a la roca y el otro a la parte inferior de la balanza analítica y pesar el cubo sumergido en agua.

Cálculos

$$\text{Porosidad abierta} = \frac{Ch - Cs}{Cs - Ca} \times 100\%$$

Donde

Ch= Cubo saturado

Ca= Cubo sumergido

Cs= Cubo seco

DATOS DEL ENSAYO DE POROSIDAD

El ensayo de calcinación se lo realizo a 1 de las 4 muestras recolectadas (Muestra-M1) debido a que se presentaba una gran dificultad al tratar de cortar la muestra ya que es un material muy frágil. Los datos obtenidos son los siguientes:

Tabla 20. Datos del ensayo de porosidad

ENSAYO POROSIDAD	
MUESTRA - M1	
Cubo seco (A):	15.16 g
Cubo saturado (B):	17.03 g
Cubo suspendido en agua (C):	5.23 g
Porosidad :	15.85 %

Fuente: El Autor



Gráfico 39. Método de la Balanza electrónica.
Fuente: El Autor



CARACTERIZACIÓN FÍSICA: COMPRESIÓN SIMPLE

Objetivo

Determinar la carga máxima que soporta el material.

Fundamento

La diatomita al poder ser liviana se puede utilizar para distintas actividades como por ejemplo la elaboración de ladrillos, por eso es importante saber su resistencia.

Materiales y equipos utilizados

- ✓ Equipo Howard miniature
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Equipo Marshall
- ✓ Deformímetro

Procedimiento

1. Realizar una probeta de muestra con el contenido óptimo de agua (Sacado previamente) con 3 capas compactadas a 25 golpes cada una.
2. Probar la probeta en el equipo Marshall y tomar los datos.
3. Repetir el proceso para cada muestra.

DATOS DEL ENSAYO UNIAXIAL

El ensayo uniaxial se lo realizó a 2 de las 4 muestras recabadas durante la fase de campo. Siendo estas la **Muestra M1** y la **Muestra M3** esto debido a que dichas muestras presentan un potencial cuantitativo como para clasificarlo como yacimiento

(Ver Gráfico 47); a continuación se presenta un esquema de un afloramiento tipo dentro del polígono de trabajo.

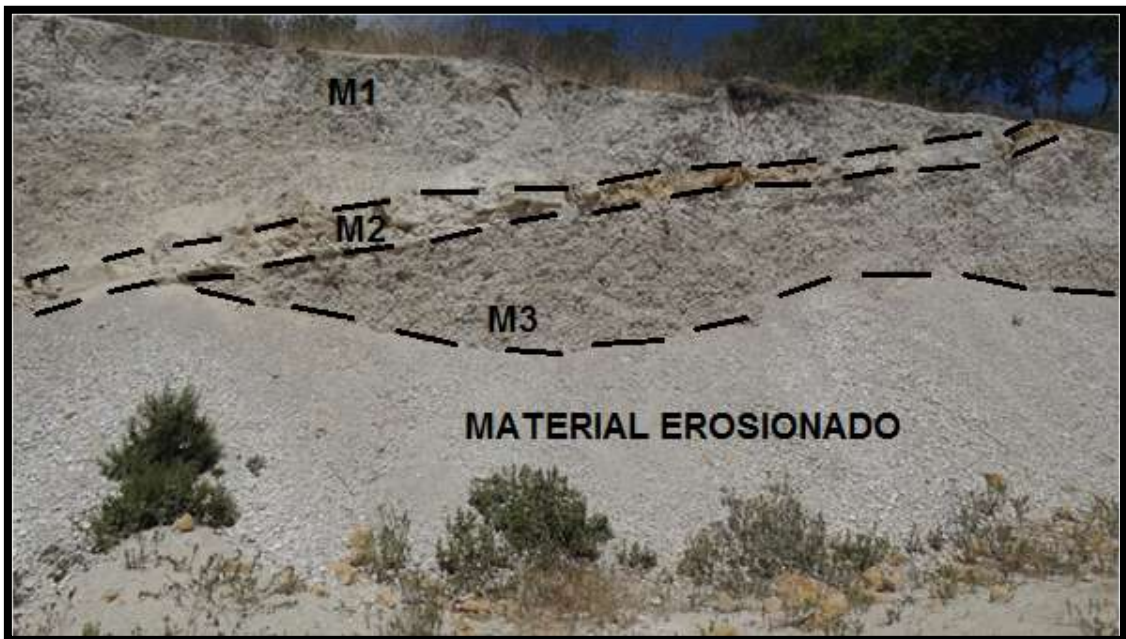


Gráfico 40. Afloramiento Tipo
Fuente: El Autor

Nota: La Muestra E4 (Gráfico 48) es una muy pequeña porción dentro de la Muestra M2.

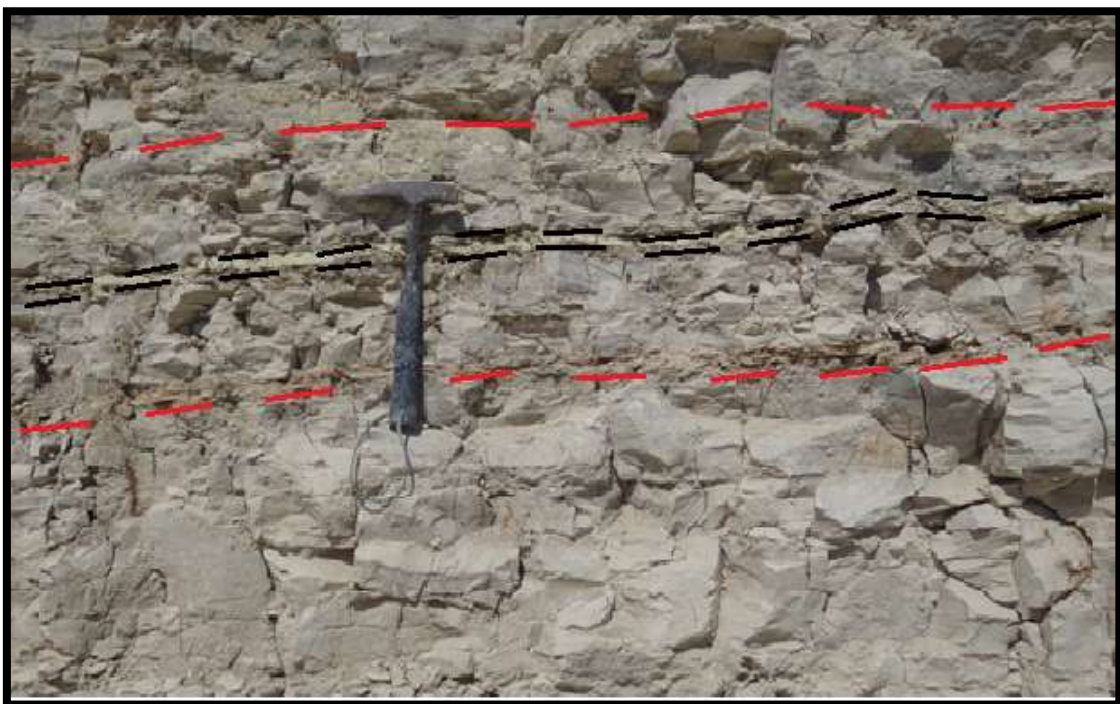


Gráfico 41. Muestra E4 (Negro) dentro de la Muestra M2 (Rojo).
Fuente: El Autor

Una vez realizado el trabajo de campo se procede a realizar los ensayos de laboratorio, en este caso el ensayo uniaxial según nos indica la norma para realizar un ensayo uniaxial de debe traer un cubo inalterado y cubierto de parafina de 30 cm x 30 cm hacia el laboratorio para luego proceder a perfilar 3 probetas. Una vez realizado este paso se coloca las probetas una por una en la maquina Versa Tester para probar su resistencia.

Para el desarrollo de los ensayos en la muestras de este trabajo se vio con la complicación de que el material recolectado estaba muy meteorizado por lo tanto no fue posible recolectar una muestra inalterada, en vista de esta circunstancia se procedió a realizar el ensayo Uniaxial con muestras alteradas según la norma **AASHTO T 180-D**.

El primer paso para realizar este ensayo con muestras inalteradas es triturar el material para su posterior compactación, posteriormente se procede a realizar unas mezclas de diatomita con diversos porcentajes de agua (previa búsqueda con diversos porcentajes de agua y consulta con un docente de experiencia) con el objetivo de obtener el porcentaje óptimo de agua. En este caso para la **Muestra M1** se realizó las mezclas al 40. 43.46 y 49 % de agua con respecto a la muestra; mientras tanto que para la **Muestra M3** las mezclas fueron al 30. 33. 36 y 39%.



Gráfico 42. Inicio de la mezcla de Diatomita con agua (A) y Resultado final de la mezcla (B).
Fuente: El Autor

El segundo paso es el de obtener el contenido de humedad sacando una muestra de la mezcla de entre 30 - 50 g. y luego colocar las muestras en el horno durante 24 horas. Luego utilizando el equipo Howard Miniature se procede a realizar las probetas mediante la compactación de 3 capas a 25 Golpes. Posteriormente se perfila la muestra con un cuchillo y finalmente se saca la muestra del molde para etiquetarla y colocarla dentro de una funda hermética para que conserve su humedad.



Gráfico 43. Capa compactada (A). Compactación final con 25 golpes (B)
Fuente: El Autor

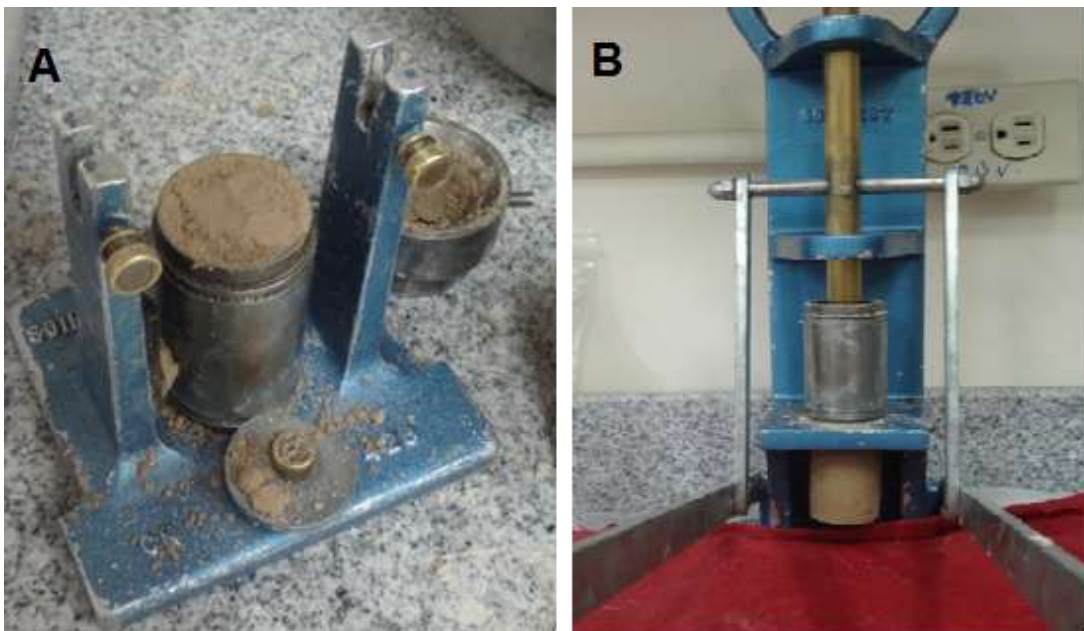


Gráfico 44. Probeta lista para perfilar (A). Separación de la probeta y el molde (B)
Fuente: El Autor



Gráfico 45. Pesaje de la Probeta (A). Etiquetado y empaquetado de la probeta (B).
Fuente: El Autor

Finalmente se procede a realizar los cálculos para obtener el óptimo de agua mediante las curvas **DENSIDAD SECA – CONTENIDO DE AGUA**.

MUESTRA M-1

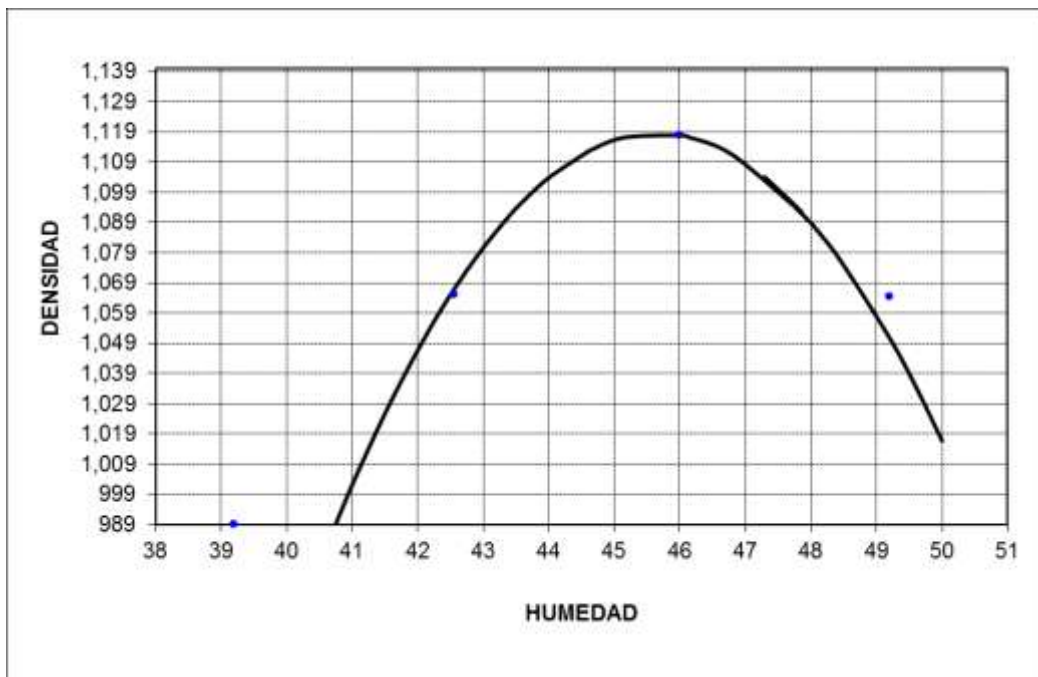


Gráfico 46. Curva Densidad seca - Humedad (Muestra M1)
Fuente: El Autor

MUESTRA M-3

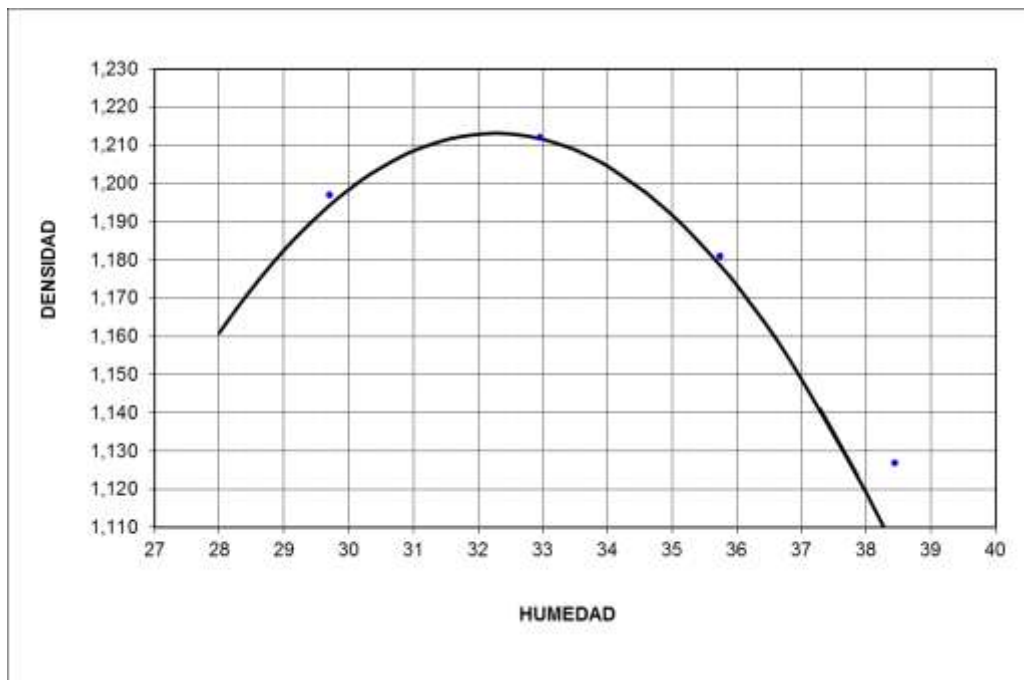


Gráfico 47. Curva Densidad seca - Humedad (Muestra M3)
Fuente: El Autor

- La curva **DENSIDAD SECA – CONTENIDO DE AGUA** para la **Muestra M1** nos indica que la densidad seca (Kg/cm³) va desde 0.989 a 1.119 Kg/cm³. mientras que el contenido de humedad va desde 39% a 48 % (las mezclas para la Muestra M1 fueron a 40. 43. 46 y 49 %); los datos para la preparación de las probetas para la **Muestra M1** obtenidos fueron:

Densidad Seca Máxima: 1.119 Kg/cm³

Contenido de Agua Optimo: 45.65 %

- La curva **DENSIDAD SECA – CONTENIDO DE AGUA** para la **Muestra M3** nos indica que la densidad seca (Kg/cm³) va desde 1.127 a 1.212 Kg/cm³. mientras que el contenido de humedad va desde 29% a 38 % (las mezclas para la Muestra M3 fueron a 30 33. 36 y 39 %); los datos para la preparación de las probetas para la **Muestra M3** obtenidos fueron:

Densidad Seca Máxima: 1.213 Kg/cm³

Contenido de Agua Optimo: 32.27 %

Una vez obtenidos los datos para realizar las probetas con el contenido óptimo de agua se procede a realizar el ensayo uniaxial obteniéndose los siguientes datos:

MUESTRA M1

Tabla 21. Datos ensayo uniaxial Muestra M-1

DEFORMACIÓN UNITARIA	ESFUERZO DE DEFORMACIÓN
0.0	0.0
1.26	0.45
2.02	0.67
2.98	0.79
4.03	0.79
4.98	0.79
6.05	0.79

Fuente: El Autor

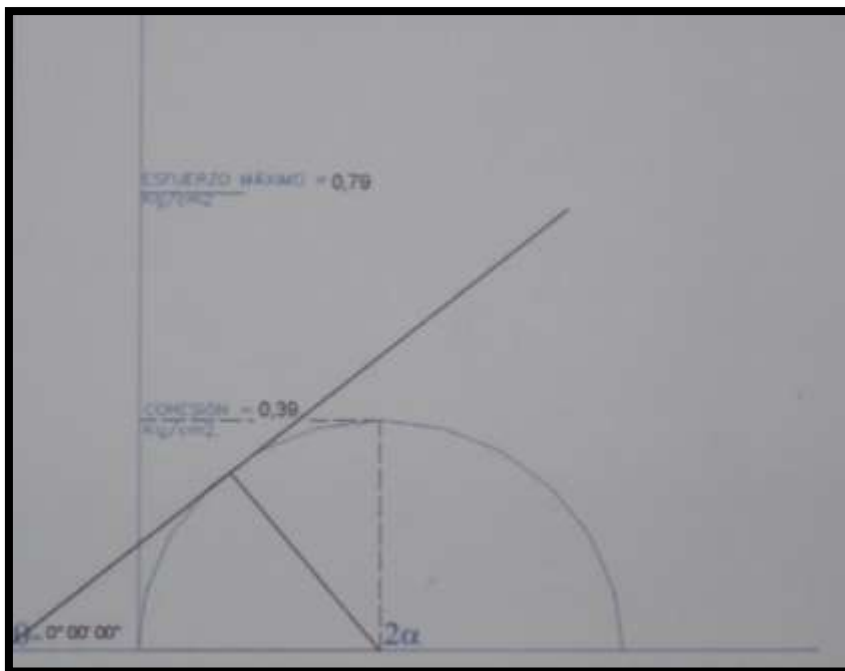
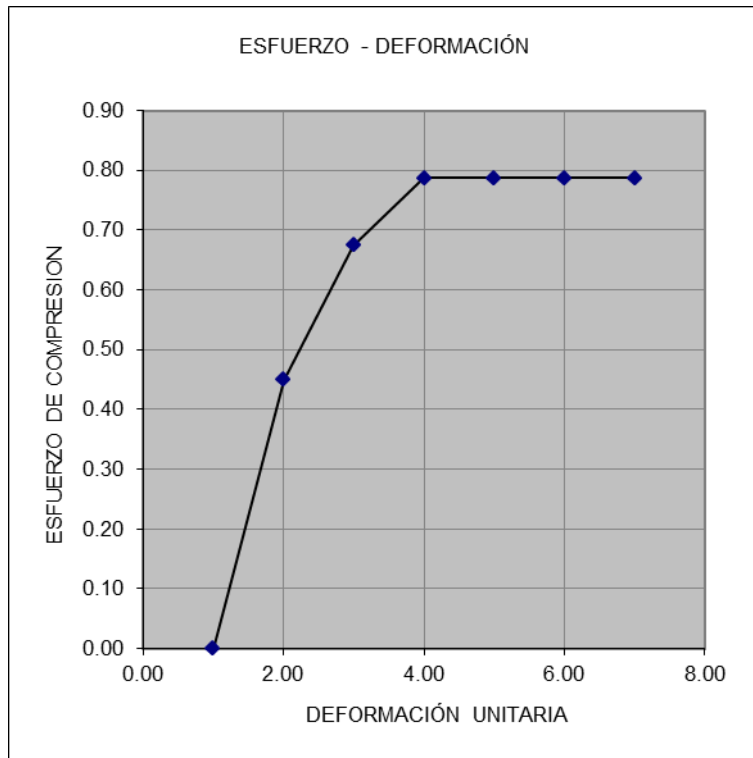


Gráfico 48. Gráfica del ensayo uniaxial Muestra M1
Fuente: El Autor

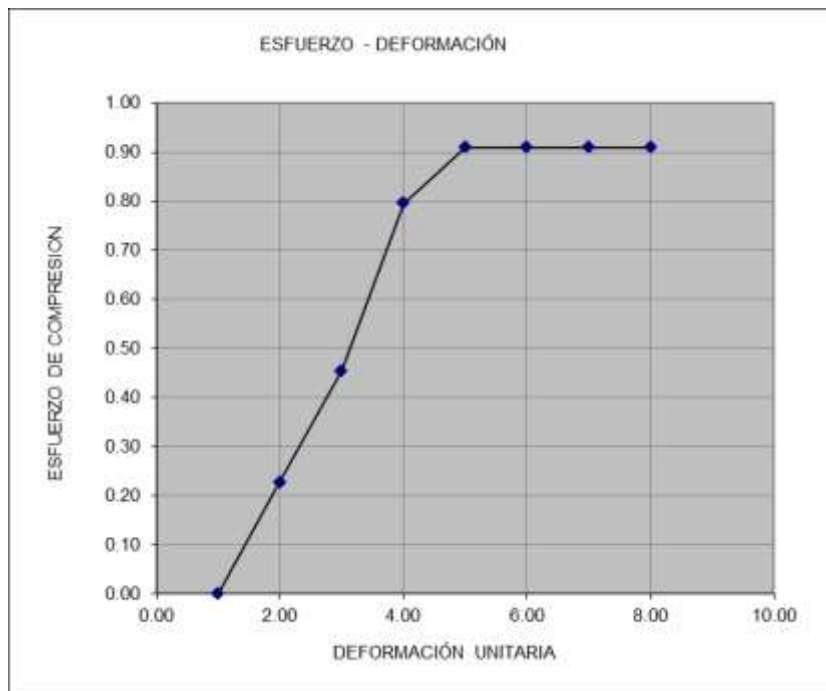
Q ult. = 0.79 Kg/cm² **Cohesión** = 0.39 Kg/cm²

MUESTRA M3

Tabla 22. Datos ensayo uniaxial Muestra M3

DEFORMACIÓN UNITARIA	ESFUERZO DE DEFORMACIÓN
0.0	0.0
0.76	0.23
2.03	0.46
3.29	0.80
4.05	0.91
4.91	0.91
6.08	0.91
7.04	0.91

Fuente: El Autor



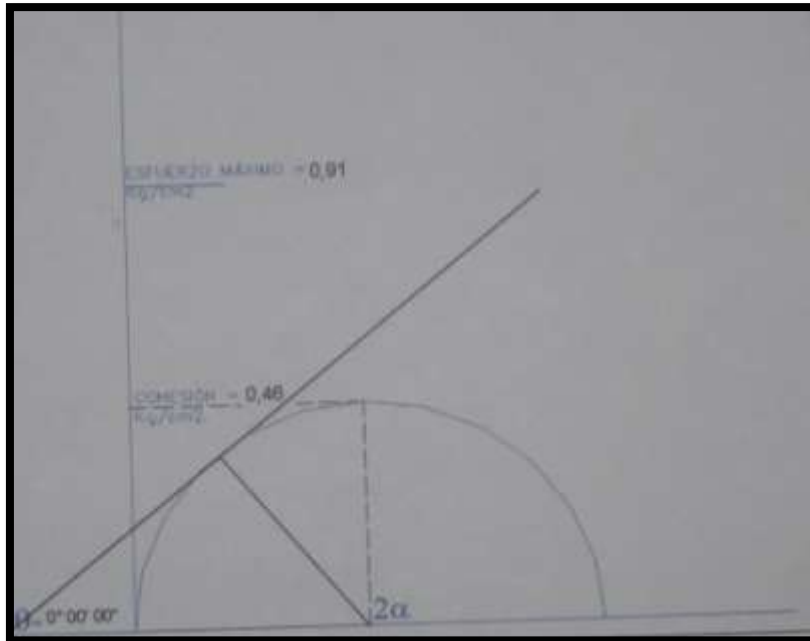


Gráfico 49. Gráfica del ensayo uniaxial Muestra M3
Fuente: El Autor

Q ult. = 0.91 Kg/cm² **Cohesión** = 0.46 Kg/cm²



Gráfico 50. Probeta antes del ensayo de uniaxial
Fuente: El Autor



Gráfico 51. Probeta luego del ensayo uniaxial
Fuente: El Autor



CARACTERIZACIÓN QUÍMICA: FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Objetivo

Determinar el contenido de elementos químicos presentes en la muestra de diatomita.

Fundamento

El ensayo de Fluorescencia de Rayos-X es de gran importancia en el ámbito de la caracterización de la diatomita ya que no solo te da los valores de la concentración de elementos químicos en la muestra. Sirve principalmente para saber que minerales posee la muestra luego de otros ensayos.

Materiales y equipos utilizados

- ✓ Máquina de fluorescencia de Rayos-X
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Recipiente

Procedimiento

1. Tomar la muestra y proceder a molerla y triturarla.
2. Homogenizar la muestra.
3. Colocar una muestra en la pistola de Fluorescencia de rayos X.

DATOS DEL ENSAYO DE FLUORESCENCIA

El ensayo de calcinación se lo realizo a las 4 muestras recolectadas (Muestra - M1. Muestra - M2. Muestra - M3 y E4) los datos obtenidos son los siguientes:

Tabla 23. Datos del ensayo de Fluorescencia de Rayos-x

DATOS DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X				
DATOS	MUESTRA %			
	MUESTRA 1 (M1)	MUESTRA 2 (M2)	MUESTRA 3 (M3)	ESTRATO 4 (E4)
Al₂O₃	15.9	4.53	16.4	13.5
SiO₂	51.3	7.82	53.2	71.5
P₂O₅	1.42	1.76	1.34	-
S	0.101	0.36	0.11	-
CaO	17.7	60.4	16.1	3.39
TiO₂	0.66	0.15	0.677	0.21
V₂O₅	0.03	0.06	0.04	0.012
Cr₂O₃	0.074	0.03	0.073	0.058
MnO	0.087	0.24	0.089	0.137
Fe₂O₃	8.01	10.81	7.15	8.62
NiO	0.054	0.373	0.049	0.008
CuO	0.02	0.045	0.019	0.014
Sr	0.081	0.078	0.074	0.086
ZrO₂	0.015	-	-	0.02

Fuente: El Autor



CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA: DIFRACTOMETRÍA DE RAYOS X

Objetivo

Determinar las fases mineralógicas presentes en la muestra de diatomita.

Fundamento

El ensayo de difracción de Rayos-X es de gran importancia en el ámbito de la caracterización de la diatomita ya que nos da una idea más específica de la composición del material analizado.

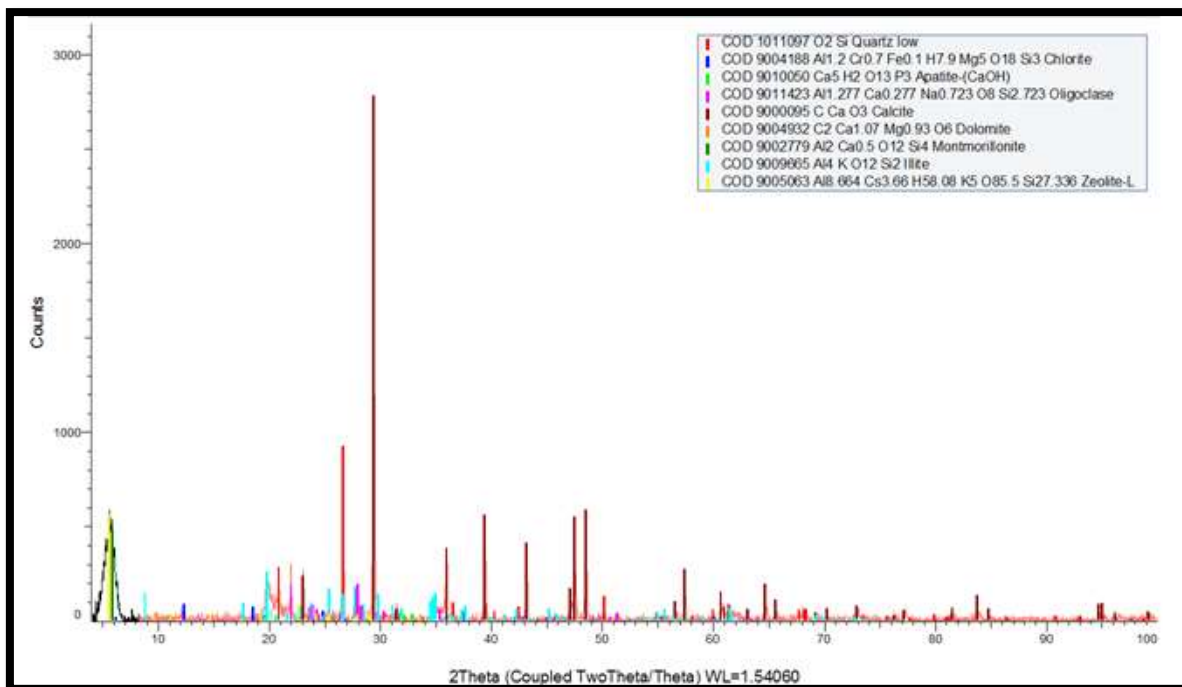
Materiales y equipos utilizados

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Recipiente
- ✓ Máquina trituradora

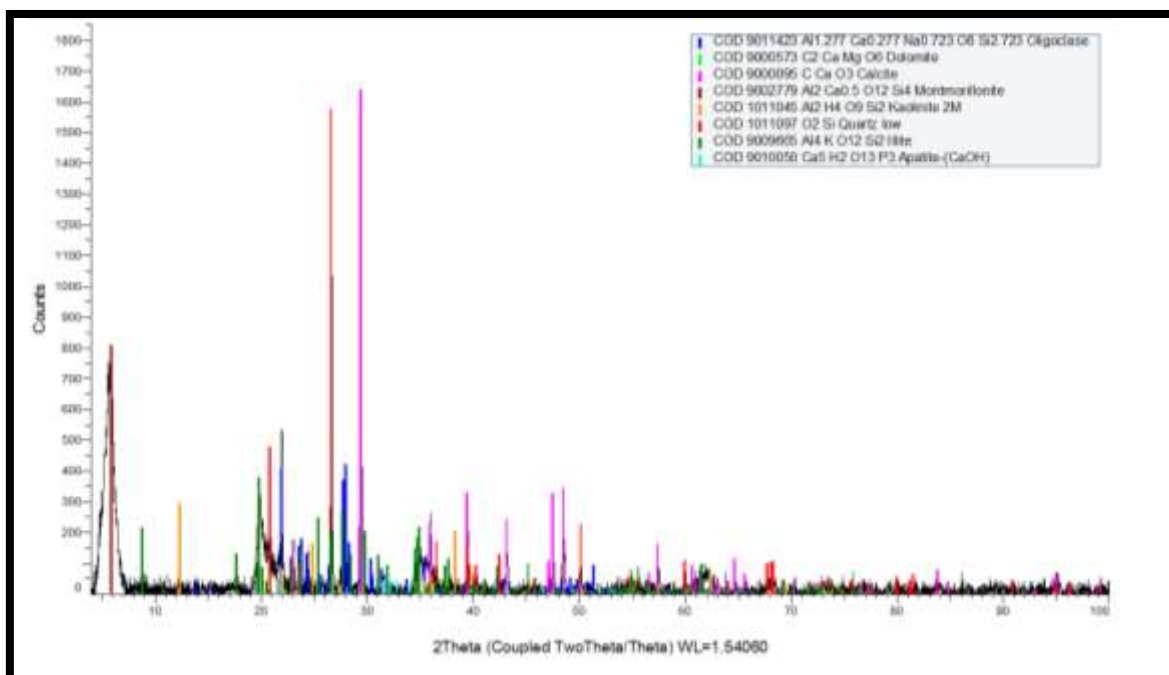
Procedimiento

1. Tomar la muestra y proceder a molerla y triturarla.
2. Homogenizar la muestra.
3. Realizar el análisis DRX.
4. Se procede a analizar las imágenes de DRX para buscar los picos de cada elemento que encaje en la imagen DRX. esto se hace mediante el programa EVA.
5. Se procede a correr el análisis del programa EVA por el programa TOPAS para obtener el porcentaje de cada mineral.

DATOS DE DIFRACTOMETRÍA DE RAYOS X – MUESTRA M1



DATOS DE DIFRACTOMETRÍA DE RAYOS X – MUESTRA M3



COMPOSICIÓN MINERALÓGICA Muestra - M1

Tabla 24. Composición mineralógica luego del análisis con software TOPAS

MINERAL	PORCENTAJE %
Cuarzo	8.19
Clorita	0.47
Albita	0.92
Calcita	40.71
Montmorillonita	8.55
Ilita	16.79
Zeolita	24.38

Fuente: El Autor

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA Muestra – M3

Tabla 25. Composición mineralógica luego del análisis con software TOPAS.

MINERAL	PORCENTAJE %
Cuarzo	12.56
Caolinita	10.21
Albita	12.42
Calcita	19.33
Montmorillonita	17.18
Ilita	28.12
Apatito	0.17

Fuente: El Autor



CARACTERIZACIÓN MICROSCÓPICA: ANÁLISIS MICROSCÓPICO

Objetivo

Determinar la presencia de diatomeas en la muestra analizada.

Fundamento

El análisis microscópico es la prueba más determinante para la caracterización de diatomeas pues despeja las dudas con respecto a la comparación con las características físicas de otras rocas.

Materiales y equipos utilizados

- ✓ Microscopio
- ✓ Portaobjetos y cubreobjetos
- ✓ Aceite de inmersión
- ✓ Muestra

Procedimiento

1. Fracturar la muestra y raspar en el centro de la muestra con una espátula y dejarla caer en un tubo de ensayo.
2. Agregar agua destilada hasta la mitad. agitar durante cinco minutos y dejar reposar por un minuto.
3. Colocar un poco de la muestra en suspensión en el portaobjetos y dejar secar ya sea en la estufa o al aire libre.
4. Un vez seco el portaobjetos con la muestra colocar una gota de aceite de inmersión y colocar el cubreobjetos.



Gráfico 52. Diatomea fragmentada Muestra - M2
Fuente: El Autor



Gráfico 53. Espículas de esponja
Fuente: El Autor



Gráfico 54. Diatomea
Fuente: El Autor



Gráfico 55. Diatomea integra
Fuente: El Autor