

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL HATO CAÑABRAVAL,
CON FINES GEOECONÓMICOS DE UNA OCURRENCIA DE
CAOLÍN, UBICADO EN EL KM 60 DE LA AUTOPISTA CIUDAD
BOLÍVAR – PUERTO ORDAZ, MUNICIPIO HERES DEL
ESTADO BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR EL BACHILLER
ALVARO TORRES PARA
OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, MAYO 2019



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado titulado **“Caracterización Geológica del Hato Cañabral, con Fines Geoeconómicos de una Ocurrencia de Caolín, Ubicado en el Km 60 de la Autopista Ciudad Bolívar – Puerto Ordaz, Municipio Heres del Estado Bolívar”**. Presentado por el bachiller: **Alvaro Jesús Torres Requena**. Cédula de identidad **V-22.849.153**, para optar al título de Ingeniero Geólogo, ha sido **APROBADO**, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre	Firma
<u>Profesor Enrique Acosta</u> (Asesor)	_____
<u>Profesor Javier Ramos</u> (Jurado)	_____
<u>Profesor Wílmer Zerpa</u> (Jurado)	_____
_____ Profesor Javier Ramos Jefe del Departamento de Ingeniería Geológica	_____ Profesor Francisco Monteverde Director de la Escuela Ciencias de la Tierra

Ciudad Bolívar, ____ de _____ 2019

DEDICATORIA

A nuestro Dios y a mi familia, por brindarme su apoyo, comprensión y amor siempre. En especial a mi abuelo Ramón Torres, que ya no está físicamente con nosotros, pero en donde se encuentre; él estaba esperando este momento de visualizarme, formado profesionalmente. A mis padres: Leonardo Torres y Yelitza Requena, al igual que a mis abuelas: Oneida Vallejos y Esther Requena, a mis hermanos, tíos y tías.

A mis madrinas, Diamyra Vidal y Milagros Campero, por ayudarme incondicionalmente en esta formación profesional. Al igual que Linamar Vidal que siempre me ha demostrado su gran amor de madre.

A mis grandes amigos, Eulimar González, Gabriel Blanco, Angela Trujillo, Maria Alvarado, Carlos Rosas y Aquiles Gamboa; que siempre estuvieron presente en todo momento.

Alvaro Torres

AGRADECIMIENTOS

Gracias a nuestro Dios, por darme la sabiduría, la paciencia y el control en todo momento; y a mis padres por guiarme en este camino.

A toda mi familia que siempre estuvo pendiente de mí, en todo momento.

A mis profesores de los diferentes institutos, que me formaron y me dieron todas las herramientas, para desarrollar mis habilidades y así obtener un desempeño en mis estudios.

A la Universidad de Oriente, por darme la oportunidad de cursar mi carrera y brindarme los conocimientos; por medio de los profesores, para formarme profesionalmente.

A mi tutor académico, profesor Enrique Acosta por su gran dedicación y su apoyo incondicional; y por ser un gran guía en el desarrollo de este trabajo de grado.

A todas esas personas que me ayudaron de una forma económica, emocional, académica; brindándome su apoyo cuando más lo necesité. En especial al Ingeniero José Cañas y al Geólogo Eizon Bastardo.

A mis compañeros y amigos que estuvieron junto a mí, desde el principio hasta el final de la carrera.

Alvaro Torres

RESUMEN

En el Hato Cañabral, ubicado en el kilómetro 60 de la autopista Simón Bolívar del municipio Heres del estado Bolívar, se realizó una caracterización geológica de una ocurrencia de caolín, para esto se trazaron unos objetivos específicos que se describen a continuación: 1) Reconocimiento geológico de la zona de estudio, para la delimitación de una ocurrencia de caolín, se determinó que los depósitos de arcilla caolinitica en el hato Cañabral son pequeños, si se les compara con otros sitios donde hay caolín en el estado Bolívar, se encuentran estrechamente asociados con gneises félsicos granulíticos del Complejo Geológico de Imataca, La arcilla caolinitica es de origen residual, asociado a la descomposición de los feldespatos: a través, del proceso de caolinización, 2) Realizar ensayos químicos y físicos de las áreas potenciales para las características de arcilla caolinitica, fueron realizados a dos (02) muestras de suelo, para obtener el porcentaje de los óxidos mayoritarios como: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O y K_2O . 3) Realizar el mapa topográfico de la zona de estudio a escala menor a 1:5000 para el cálculo de reserva minera no metálica, A través de software especializado de Sistema de Información Geográfica (GIS) se elabora el mapa topográfico con la ayuda de la hoja cartográfica 7540 I SE de 1970 de Cartografía Nacional emitida por el Ministerio del Poder Popular de Obras Públicas (MPPO) y 4) Elaborar mapa geológico de superficie, para actualizar la cartografía regional del estado Bolívar. Los resultados obtenidos del levantamiento geológico de superficie, se determinaron que todos los sedimentos son pertenecientes a la Formación Mesa, el área donde se pretende realizar la explotación tiene reserva probable de 28.226 m^3 el cual deberá evaluar el proyecto si es viable debido que otras empresas explotadoras de caolín, declaran al Instituto Autónomo Minas Bolívar un precio unitario de 80.419 bolívares Soberano el metro cúbico.

CONTENIDO

	Página
ACTA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE APÉNDICES	xiii
ANEXOS	xiv
INTRODUCCIÓN	1
 CAPÍTULO I	 3
SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivos de la investigación	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Justificación de la investigación	4
1.4 Alcance de la investigación.....	5
1.5 Limitaciones de la investigación.....	5
 CAPÍTULO II	 6
GENERALIDADES	6
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	6
2.2 Acceso al área de estudio	7
2.3 Características físico - naturales del área de estudio.....	7
2.3.1 Precipitación.....	7
2.3.2 Evaporación	8
2.3.3 Temperatura	9
2.3.4 Presión atmosférica	10
2.3.5 Insolación	11

2.3.6 Humedad relativa	11
2.3.7 Vientos	12
2.4 Influencia de los elementos climáticos en la zona de estudio	13
2.5 Clasificación climática según Köppen	13
2.6 Geomorfología	13
2.6.1 Peniplanicies	14
2.6.2 Lomeríos	14
2.7 Vegetación	15
2.7.1 Matorral Arbolado Semideciduo	15
2.7.2 Herbazales	15
2.8 Suelos	15
2.9 Geología regional	16
2.9.1 Mesa	16
2.9.2 Provincia Geológica de Imataca	17
2.9.3 Faja de Ciudad Bolívar	19
2.10 Geología local	20
CAPÍTULO III	21
MARCO TEÓRICO	21
3.1 Antecedentes de la investigación	21
3.2 Bases Teóricas	22
3.2.1 Exploración minera	22
3.2.2 Metodología de la investigación minera	23
3.2.2.1 Prospección	23
3.2.2.2 Exploración	23
3.2.2.3 Evaluación	24
3.2.3 Herramientas y técnicas de exploración minera	24
3.2.4 Recopilación de información	24
3.2.5 Teledetección	25
3.2.6 Geología	25

3.2.7 Geoquímica	26
3.2.8 Recursos minerales	27
3.2.9 Recursos minerales no metálicos	27
3.2.9.1 Materiales de construcción	28
3.2.9.2 Minerales industriales	28
3.2.10 Caolín.....	28
3.2.11 Arcillas caoliníferas	29
3.2.11.1 Ballclays	30
3.2.11.2 Arcillas refractarias (fireclays)	30
3.2.11.3 Flint clays.....	31
3.2.11.4 Tonsteins (underclay)	31
3.2.12 Aplicaciones industriales del caolín	31
3.2.12.1 Industria de la pintura	31
3.2.12.2 Industria de plástico y caucho.....	32
3.2.12.3 Industria del papel.....	32
3.2.12.4 Industria de la cerámica	32
 CAPÍTULO IV	 33
METODOLOGÍA DE TRABAJO	33
4.1 Tipo de investigación	33
4.2 Diseño de la investigación	33
4.3 Población de la investigación.....	34
4.4 Muestra de la investigación.....	34
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	35
4.5.1 Técnicas a utilizar para la recolección de los datos	36
4.5.2 Observación directa.....	36
4.5.3 Entrevistas informales.....	37
4.5.4 Instrumentos a utilizados para la recolección de los datos	38
4.6 Etapas de la investigación	38
4.6.1 Revisión Bibliográfica y cartográfica	38

4.6.1.1 Recopilación y validación de información respecto al área de estudio ..	38
4.6.2 Etapa de Campo	38
4.6.2.1 Reconocimiento de la zona	38
4.6.2.2 Levantamiento geológico de superficie	39
4.6.2.3 Delimitación a través de GPS del depósito de caolín	40
4.6.2.4 Levantamiento topográfico	40
4.6.2.5 Sondeo exploratorio a través de calicata.....	41
4.7 Etapa de Oficina.....	42
4.7.1 Análisis granulométricos de las muestras	42
4.7.1.1 Procedimiento para determinar el límite líquido de las muestras	43
4.7.1.2 Procedimiento para determinar el límite plástico de las muestras.....	44
4.7.2 Análisis químicos de las muestras	45
4.7.3 Realizar los mapas topográfico y geológico (anexo 1 y 2)	45
4.7.4 Calcular el volumen de sedimentos depositado en la zona de estudio.....	46
CAPÍTULO V	48
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	48
5.1 Reconocimiento geológico de la zona de estudio, para la delimitación de una ocurrencia de caolín en el hato Cañabraval	48
5.1.1 Análisis de las imágenes satelitales en el hato Cañabraval.....	48
5.1.2 Levantamiento geológico de superficie	49
5.1.3 Delimitación a través de GPS del depósito de caolín	52
5.1.4 Levantamiento topográfico	52
5.1.5 Sondeo exploratorio a través de calicata.....	52
5.2 Ejecución de los ensayos químicos y físicos de las áreas potenciales para las características de arcilla caolinitica.....	53
5.2.1 Análisis químico de las muestras	53
5.2.2 Análisis físico de las muestras	54
5.3 Ejecución del mapa topográfico de la zona de estudio a escala 1:1000 para el cálculo de reserva minera no metálica	55

5.4 Elaboración el mapa geológico de superficie, para actualizar la cartografía regional del estado Bolívar	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
REFERENCIAS	60
APÉNDICES	62
ANEXOS	73

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación del área de estudio donde se deposita la arcilla caolinitica (Google Maps, 2017).	6
2.2 Mapa de Provincias Geológicas del Estado Bolívar (Mendoza, V. 2005).	18
2.3 Complejo de Imataca en los alrededores de Cerro Bolívar. (Simplificado de Ascanio 1975).	19
4.1 Reconocimiento de la zona de estudio	39
4.2 Geología local de la zona de estudio	40
4.3 Levantamiento topográfico de la zona de estudio	41
4.4 Elaboración de calicata en la zona de estudio	42
4.5 Curvas de nivel generado por el software arcMap, en la hoja 7540 I SE	46
5.1 Ubicación del yacimiento de arcilla caolinitica	48
5.2 Desintegración y meteorización de algunas rocas del Complejo de Imataca	49
5.3 Lentes delgados de gravas y limos en el área de estudio	49
5.4 Sedimentos lateríticos y arenosos del área de estudio	50
5.5 Columna litoestratigráfica general del talud base del hato Cañabraval	51
5.6 Elaboración de calicatas en campo	53
5.7 Mapa topográfico de la hoja cartográfica 7540 I SE con poligonal cerrada de la zona de estudio	55
5.8 Mapa geológico de superficie del sector con poligonal cerrada de la zona de estudio	56

LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Coordenadas que delimitan un tramo lote del Hato Cañabral.....	7
2.2 Cantidades de lluvia mensual, promedio y anomalías (mm) ((Inameh, 2015).	8
2.3 Temperatura máxima y mínima (°C) (Inameh, 2015).....	9
2.4 Presión atmosférica media (hPa) (Inameh, 2015).	10
5.1 Coordenadas que delimita área de estudio.	52
5.2 Análisis químico de las muestras recolectadas en campo	54

LISTA DE APÉNDICES

	Página
APÉNDICE A	63
ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS	63
A.1 Ensayo granulométrico, muestra N° 1	64
A.2 Ensayo granulométrico, muestra N° 2	65
A.3 Ensayo granulométrico, muestra N° 3	66
A.4 Ensayo granulométrico, muestra N° 4	67
 APÉNDICE B	 68
LÍMITES DE CONSISTENCIAS	68
B.1 Límites de consistencias, muestra N° 3	69
B.2 Límites de consistencias, muestra N° 4	70
 APÉNDICE C	 71
ANÁLISIS QUÍMICOS	71
C. 1 Resultados de análisis químicos	72

ANEXOS

1. MAPA TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO
2. MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

INTRODUCCIÓN

En el desenvolvimiento económico y el progreso de la región del estado Bolívar, es importante desarrollar y ejecutar proyectos; que incentiven a los sectores económicos del país, en especial la minería no metálica, la cual es la base principal de cualquier proyecto industrial y urbanístico. Esto debido a que estos requieren de insumos y materia prima para su materialización.

En razón de ello, el proyecto de exploración de materiales no metálicos en el Hato Cañabral, Municipio Heres, Estado Bolívar, plantea el desarrollo de una operación geominera para proyectar la buscar arcillas caoliníticas y caolín, que en el corto plazo pueda producir materias primas para la industria de los cosméticos, pinturas, cemento, pues dependiendo de la viabilidad del proyecto pudiese prolongarse en el aprovechamiento a largo plazo.

Con la reactivación del Plan Arco Minero del Orinoco, creado oficialmente el 24 de febrero de 2016 a través del decreto 2.248 de la Gaceta Oficial 40.855, se decreta la creación de Zona de Desarrollo Estratégico Nacional Arco Minero del Orinoco, propuesto por el Ejecutivo Nacional, el cual contempla la explotación de diversos recursos minerales ubicados en la zona norte del estado Bolívar, se realizó el presente trabajo de grado intitulado caracterización geológica del hato Cañabral con fines geoeconómicos de una ocurrencia de caolín, ubicado en el Km 60 de la autopista Ciudad Bolívar – Puerto Ordaz, Municipio Heres del estado Bolívar.

La presente investigación está diseñada de la siguiente manera: Capítulo I: destaca la situación a investigar y los objetivos que permitieron llevar a cabo la investigación; además de los alcances del proyecto y sus limitaciones. En el Capítulo II, se describen las generalidades y características físico – natural del área de estudio,

además de darse un bosquejo general de la geología regional en la zona. El Capítulo III se describe los antecedentes y un compendio de una serie de elementos conceptuales que sirven de base a la indagación a realizar y el entendimiento del trabajo. En el Capítulo IV se detalla el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los procedimientos que fueron utilizados para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos. En el Capítulo V se muestran los resultados obtenidos de la investigación, los cuales son reflejados en las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

El estado Bolívar, es reconocido por poseer un gran potencial, en cuanto a reservas minera. Lo cual lo sitúa en un distinguido lugar, debido a su importancia de desarrollo económico, colocándolo como alternativa económica no petrolera del país.

En la autopista Simón Bolívar en el kilómetro 60, en sentido ciudad Bolívar – Puerto Ordaz se localiza un predio denominado “Hato Cañabral” que ocupa una superficie de 1.006,80 hectáreas, en un lote de terreno de este predio se origina por procesos laterítico y saprolítico, arcilla caolínica denominado mineral no metálico, debido a esto se plantea el desarrollo de una operación minera para la exploración y explotación de este mineral en el corto plazo, que pueda producir materias primas para la industria de los cosméticos, pinturas, cemento, y que dependiendo de la viabilidad del proyecto pudiese prolongarse en el aprovechamiento a largo plazo.

Por tal motivo se desarrolla un proyecto de caracterización geológica con fines geoeconómicos de una ocurrencia de caolín del hato Cañabral ubicado en el municipio Heres del estado Bolívar. El propósito es demostrar el potencial geominero para su explotación como material no metálico. Además, para contribuir con el desarrollo sustentable de la industria nacional dedicada a la producción de materiales, principalmente refractarios y cerámicas. Para tal fin, se realizó un reconocimiento de la zona de estudio, y se sustenta en el análisis fotográfico y cartográfico, usando la hoja cartográfica 7540 I SE y ensayos físicos-químicos.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar desde el punto de vista geológico el hato Cañabral para el aprovechamiento de una ocurrencia de caolín ubicado en el km 60 de la autopista Ciudad Bolívar – Puerto Ordaz.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Reconocimiento geológico de la zona de estudio, para la delimitación de una ocurrencia de caolín en el Fundo Cañabral.
2. Efectuar ensayos químicos y físicos de las áreas potenciales para las características de arcilla caolinitica.
3. Realizar levantamiento topográfico de la zona de estudio a escala 1:1000 para el cálculo de reserva minera no metálica.
4. Elaborar mapa geológico de superficie, para actualizar la cartografía regional del estado Bolívar.

1.3 Justificación de la investigación

El presente trabajo de investigación, está orientado al desarrollo de un proyecto para fines geoeconómicos de una ocurrencia de arcilla caolinitica; siendo este mineral, susceptible de aprovecharse mediante la extracción por un sistema mecanizado a través de maquinaria pesada, así como su acopio en patios de almacenamientos temporales y permanentes; a través de autorizaciones de explotación, conforme a lo previsto en la

Ley de Minas del estado Bolívar y su Reglamento (2012); siendo esta materia prima de importancia.

1.4 Alcance de la investigación

Mediante el presente trabajo se desarrolla una caracterización geológica del Hato Cañabral, con fines de determinar áreas con potencial geominero.

Se plantearon hipótesis y conclusiones que permitirán la toma de decisiones en materia de explotación y factibilidad, del proyecto de extracción de arcilla caolinitica, que se pretende desarrollar en la zona a evaluar.

1.5 Limitaciones de la investigación.

Un vehículo en óptimas condiciones para traslado el área de estudio, debido que se ubica en el kilómetro 60 de la autopista Simón Bolívar Ciudad bolívar - Puerto Ordaz, lo que limita las inspecciones al área de estudio.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El Hato Cañabral se localiza al sur del río Orinoco, desde la cabecera hacia la desembocadura, aproximadamente a unos 45 km al oeste de la ciudad de Puerto Ordaz. Desde el punto de vista político territorial los terrenos se enmarcan dentro del Municipio Heres del estado Bolívar (Figura 2.1)

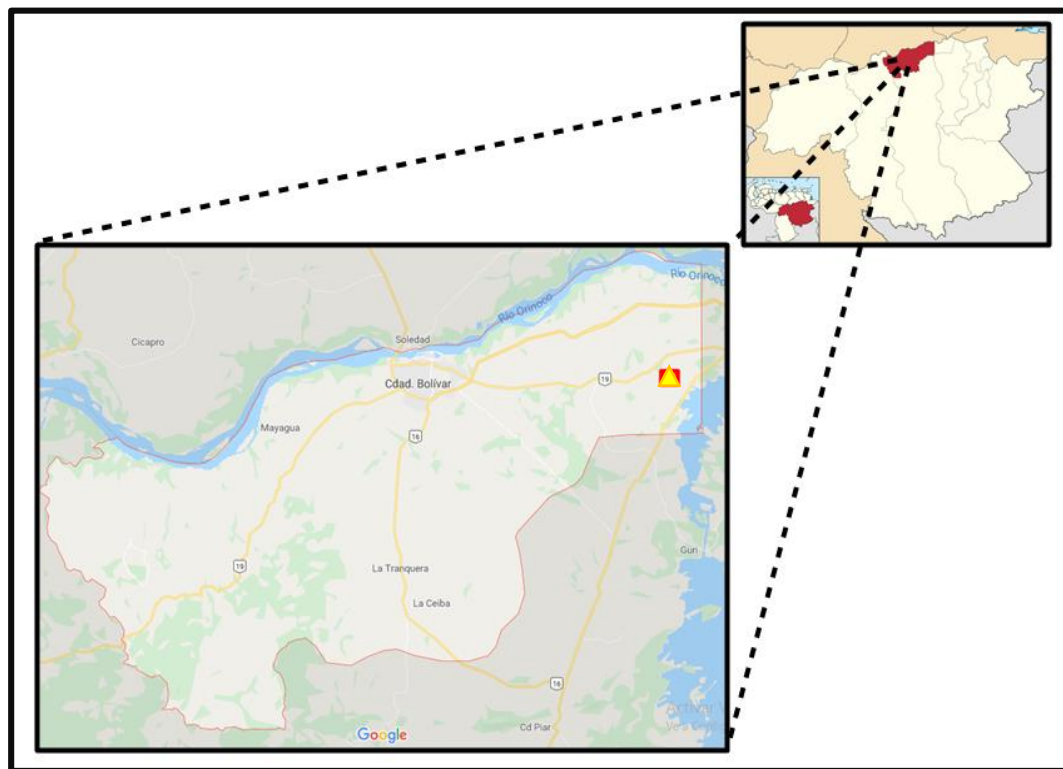


Figura 2.1 Ubicación del área de estudio donde se deposita la arcilla caolinitica. (Google Maps, 2017).

Comprende una extensión superficial de 5.618 m² que se delimita con las siguientes coordenadas UTM-REGVEN. (Tabla 2.1)

Tabla 2.1 Coordenadas que delimitan un tramo lote del Hato Cañabral

Coordenadas UTM-REGVEN del área de estudio		
Punto	Norte	Este
P1	908036	492351
P2	908036	492412
P3	908128	492412
P4	908128	492351
Superficie: 5.618 m ²		

2.2 Acceso al área de estudio

El acceso al área del trabajo se realiza desde Puerto Ordaz, a través de la autopista Simón Bolívar, que conduce a Ciudad Bolívar, a la altura del km 58, se toma una vía de tierra en dirección sur para llegar a los terrenos del hato Cañabral.

2.3 Características físico - naturales del área de estudio

Se describen las siguientes variables climatológicas que fueron registrados en el año 2015, por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (inameh). Se evaluaron en la estación meteorológica de Ciudad Bolívar, por ser la más cercana al área de estudio.

2.3.1 Precipitación

En el área de estudio la precipitación promedio anual, se registró en el año 2015 una precipitación de 870, 2 mm, mientras que el valor máximo de precipitación se obtuvo en el mes de julio de 2015 con una pluviosidad de 235,3 mm y el valor mínimo en el mes de abril con una pluviosidad de 8 mm.

Por otra parte en el estado Bolívar el período de lluvias está comprendido entre los meses de julio a octubre y la estación seca abarca los meses de noviembre a junio, esto es lo que indica los valores de la precipitación en el año 2015 (Inameh, 2015) (Tabla 2.2).

El régimen pluviométrico, medio anual, se caracteriza por ser de tipo unimodal; es decir se presenta un solo máximo durante el año.

Tabla 2.2 Cantidades de lluvia mensual, promedio y anomalías (mm) ((Inameh, 2015).

Meses	Valor mensual (mm)	Valor promedio (mm)	Vp (%)
Enero	21	24,7	-15
Febrero	27	15,9	0,6
Marzo	49,7	22,7	0,8
Abril	8	32,5	-75
Mayo	80	103,3	-23
Junio	15,0	167	-95
Julio	235,3	158	49
Agosto	112	163,1	-31
Septiembre	65	98,9	-34
Octubre	97	95,1	2
Noviembre	31	40	-23
Diciembre	20	40	-50

2.3.2 Evaporación

La evaporación media anual en el período del año 2015, se ubicó en 1.051,20 mm. Los valores máximos, medios y mínimos de la evaporación en la estación de Ciudad Bolívar (Inameh, 2015).

El valor máximo de evaporación se registró en el mes de marzo con 156,10 mm y el valor mínimo se obtuvo en julio con 58,90 mm (Inameh, 2015).

2.3.3 Temperatura

En la caracterización de esta variable, se obtuvo que la temperatura total media de la zona de 37,4 °C aproximadamente, con una variación térmica anual alrededor de 1,8 °C. Asimismo, los períodos de máxima temperatura se ubican en los meses de octubre, noviembre y diciembre con 36,7 °C y el menor en el mes de junio con 31,8 °C.

Los valores máximos, medios y mínimos de la temperatura (Inameh, 2015) (Tabla 2.3).

Tabla 2.3 Temperatura máxima y mínima (°C) (Inameh, 2015).

Meses	Valor máximo	Valor mínimo
Enero	33,2	22,8
Febrero	33,3	22,8
Marzo	34,4	23,3
Abril	35	23,9
Mayo	34,4	24,4
Junio	31,8	23,9
Julio	32,8	23,3
Agosto	33,2	23,9
Septiembre	32,8	23,9
Octubre	36,9	23,9
Noviembre	37,9	23,9
Diciembre	35,3	23,3
Anual	37,4	23,6

2.3.4 Presión atmosférica

Los valores reflejaron registros en la estación meteorológica Ciudad Bolívar, observándose de esta manera, que la presión atmosférica promedio anual fue de 1010,2 hPa. Los valores de la presión atmosférica correspondiente al año 2015 (Inameh, 2015) (Tabla 2.4).

De acuerdo a lo reflejado en la tabla 2.4, se observa que el valor máximo de la presión atmosférica se registrara en el mes de Julio de 1012, 6 hPa y el valor mínimo en el mes de diciembre, con 1009 hPa.

Tabla 2.4 Presión atmosférica media (hPa) (Inameh, 2015).

Meses	Valor
Enero	1011,3
Febrero	1008,5
Marzo	1010,3
Abril	1010,2
Mayo	1010,2
Junio	1010,9
Julio	1012,6
Agosto	1011,1
Septiembre	1010,2
Octubre	1009,7
Noviembre	1009,5
Diciembre	1009
Anual	1010,2

2.3.5 Insolación

La insolación media reflejada en la meteorológica de Ciudad Bolívar es de 231,30 horas. Asimismo, el valor máximo de insolación se refleja en el mes de diciembre con 333,00 horas y su valor mínimo en el mes de febrero con 195, 10 horas (Inameh, 2015).

2.3.6 Humedad relativa

El estudio de esta variable climática se realizó en la estación meteorológica Ciudad Bolívar, de acuerdo a la información recopilada en el periodo 2015 (Inameh, 2015).

El valor máximo ocurre en el mes de junio y julio con 73,5% y su valor mínimo en el mes de marzo con 66 %, de los valores medios de la humedad relativo.

Tabla 2.5 Humedad relativa (%) (Inameh, 2015).

Meses	Valor
Enero	69,5
Febrero	67,5
Marzo	66
Abril	66,5
Mayo	69,5
Junio	73,5
Julio	73,5
Agosto	72,5
Septiembre	70,5
Octubre	71
Noviembre	71,5
Diciembre	72

2.3.7 Vientos

Según el informe de avance de la hoja NC 20-14, publicado por la empresa Corporación Venezolana de Guayana Técnica Minera (CVG-TECMIN C.A., 1991); el régimen de vientos, en el área está determinado por los alisios, la convergencia intertropical y los efectos orográficos locales. La velocidad media anual es de 11KM/h aproximadamente, con una dirección prevaleciente E (este) y ESE (este-sureste).

Los valores más altos de velocidad del viento se observan en la época a mayo, siendo marzo el mes que registra el valor más alto (14,3 Km/h), a partir de junio hasta septiembre, la velocidad del viento disminuye, ocurriendo el menor valor (10,6 Km/h) en el mes de agosto. (Inameh, 2015).

Tabla 2.6 Velocidad media del viento (Km/h) (Inameh, 2018).

Meses	Valor medio
Enero	12,5
Febrero	13,6
Marzo	14,3
Abril	13,8
Mayo	13
Junio	13,2
Julio	10,9
Agosto	10,6
Septiembre	11,7
Octubre	10,6
Noviembre	11,2
Diciembre	11,7
Promedio anual	12,25

2.4 Influencia de los elementos climáticos en la zona de estudio

El comportamiento de los elementos climatológico, son de relevancia en la zona de estudio. Debido, a que forman parte de los procesos geodinámicos externos, actuando sobre la superficie terrestre, modificando las rocas del complejo geológico de Imataca.

La transformación de las rocas del complejo geológico, se manifiesta por el intemperismo, a lo cuales están expuestas los afloramientos rocosos; pertenecientes a esta provincia geológica. Mediante los agentes antes mencionado, modifican la estructura interna de las rocas de composición granítica y feldespática; dando origen al proceso de laterización. El cual es un prolongado proceso de meteorización química, donde los suelos resultantes varían en grosor, química y mineralogía. Originando un saprolito, que constituye una masa de arcilla o grava donde todavía se pueden observar estructuras de la roca original.

2.5 Clasificación climática según Köppen

El área cubierta por la hoja NC 20-14 tiene un clima tropical de sabana. Este tipo climático se caracteriza por presentar una estación lluviosa que tiene su máximo en el verano astronómico (Junio, Julio, Agosto) y el invierno es seco o con poca precipitación es decir, la precipitación media mensual en dichos meses es menor de 60 mm. (CVG-TECMIN C.A. 1991).

2.6 Geomorfología

En el área de estudio se puede visualizar que la geomorfología predominante es la peniplanicie representada en su mayoría por la Formación Mesa, y además la presencia de lomeríos, la cual coincide con la información suministradas por CVG-

TECMIN C.A. (1991) donde se caracteriza por la presencia de peniplanicies bajas de 0 a 15%, suavemente onduladas hacia el norte, y hacia el sur por un paisaje de lomeríos de alturas y pendientes variables de 15 a 30%. Las planicies son los paisajes de mayor uniformidad; y las hay de origen deposicional, residual y combinando ambos factores, los más predominantes son los de tipo deposicional correspondientes a la Formación Mesa.

El modelado de estos paisajes, tiene como punto de partida, los procesos endógenos y exógenos ocurridos sobre las rocas pertenecientes a las Provincias Geológicas de Imataca, Pastora, y Cuchivero, (CVG-TECMIN C.A. (1991).

2.6.1 Peniplanicies

Es un paisaje profundamente denudado, casi plano, proveniente de la alteración por procesos físicos y químicos de la roca original. Las variaciones que sufre la peniplanicie, en consecuencia, depende de su ubicación, su litología, su génesis y sus condiciones topográficas (CVG-TECMIN C.A 1991).

2.6.2 Lomeríos

Esta unidad taxonómica está distribuida en la mayor parte del área que representa la hoja de radar NC-20-14. Representa un paisaje de disección en la cual los procesos erosivos han actuado de manera intensa, conformando un relieve escarpado, intermedio entre paisajes más conservados, como las montañas y las altiplanicies; las causas de esta pueden estar relacionadas a variaciones de carácter litológico debidas a un diaclasamiento más intenso de las rocas (CVG-TECMIN C.A. 1991).

2.7 Vegetación

La vegetación existente en el hato Cañabraval suele ser un tanto heterogénea, donde se asientan bosques medios o bajos en altura y medios o ralos en densidad de cobertura, además de haber arbustales y herbazales (CVG-TECMIN C.A. 1991).

2.7.1 Matorral Arbolado Semideciduo

Vegetación de origen secundario correspondiente a una fase tardía de la sucesión vegetal. Se caracteriza por la presencia de especies mayormente arbustiva con presencia de individuos arbóreos aislado o formando grupos dentro de una gran matriz de especies arbustiva, con una altura que varía entre los 3 y 8 metros. La presencia de esta formación vegetal se restringe de aquellos lugares sometidos a remoción, dando lugar a un periodo de recuperación para su establecimiento (CVG-TECMIN.C.A 1991).

2.7.2 Herbazales

Esta vegetación se ha establecido en áreas donde se han perdidos los horizontes de suelos, como consecuencias de la remoción de sus superficies original. Se logran visualizar en el área de estudio algunos individuos arbustivo o vegetación arbóreadistribuida en formas muy dispersas; las especies herbáceas predominantes son las gramíneas, siendo el género trachypogon el más conspicuo (CVG-TECMIN.C.A 1991).

2.8 Suelos

En líneas generales la masa rocosa se encuentra desprovista de suelos, en tal sentido, para la caracterización de los mismos se consideran los suelos desarrollados

en las áreas aledañas. Estos suelos son el resultado de los procesos de meteorización y erosión de las rocas graníticas que conforman el basamento ígneo metamórfico de la región (CVG-TECMIN.C.A 1991).

En el hato Cañabral se observa la formación de suelos pocos profundos en los topes de las lomas y profundos en la base de las vertientes. Los principales suelos, de acuerdo a la Taxonomía de Suelos Norteamericanos (Soil Survey Staff, 1992) son los Ultisoles que pertenecen al Orden Ultisoles, específicamente a los Sub – grupos Arenic y Grossarenic Kandistults (suelos arcillosos y ácidos con bajo contenido de bases intercambiables, por lo que su fertilidad y permeabilidad es escasa), asociados a afloramientos rocosos, lo que va a sustentar una vegetación herbácea o arbustiva, (CVG-TECMIN.C.A 1991).

2.9 Geología regional

Fisiográficamente se diferencia dos provincias geológicas:

2.9.1 Mesa

La cobertura de la Formación Mesa que bordea todo el curso norte del Río Orinoco hasta la zona deltana con alturas por debajo de los 150 m.s.n.m. (Mendoza, V. 2005).

Se ubica en la sección Sur y borde Norte del río Orinoco y aflora por encima de los 20 msnm. Se trata de una coalescencia de los sedimentos fluvio deltaico coluviales que se depositan sobre el zócalo frontal de Guayana durante el Plioceno – Pleistoceno con los sedimentos del Escudo de Guayana. El contacto de la coalescencia estaría dado por el eje del Río Orinoco; por esta razón la Formación Mesa se le denomina como “sedimentos tipos mesa de la confluencia en interfluvio Orinoco –

Caroní, para definir a las capas sedimentarias que suprayacen a las rocas del Complejo Imataca (Mendoza, V. 2005).

2.9.2 Provincia Geológica de Imataca

La Provincia Geológica de Imataca, se extiende en dirección SW-NE desde las proximidades del Río Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección NW-SE aflora desde el curso del Río Orinoco hasta la Falla de Guri por unos 550 Kms y 80 Kms, respectivamente (Mendoza, V. 2005). Litológicamente la provincia de Imataca está formada por gneis graníticos y granulitas félsicas (60%-75%), anfibolitas y granulitas máficas y hasta ultramáficas (15% a 20%) y cantidades menores y complementarias de Formaciones Bandeadas de Hierro (BIF), dolomitas, charnoskitas, anortositas y granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales de menor grado metamórfico y más jóvenes CRV – TTG gnéisicos (El Torno – Real Corona). El metamorfismo registrado en estas rocas decrece desde la Mina de hierro de El Pao, con granulitas de dos piroxenos en charnockitas, anortositas y granulitas maficas y hasta ultramáficas (que sugieren temperaturas de 750°C - 850°C y moderadas a elevadas presiones de 8 a 8.5 Kbs, equivalentemente a menos de 30 Kilómetros de presión de roca), hacia la zona de Gurí, con anfibolitas, granulitas y migmatitas, rocas graníticas con granate-cordierita-sillimanita (que implican temperaturas de 650°C - 700°C y presiones de 4 a 7 Kbs, o sea menores de 20 Kilómetros de espesor de rocas) (Mendoza, V. 2005).

Estas rocas de alto grado metamórfico se interpretan como evolucionadas primitivos CRV y complejos graníticos, potásicos y sódicos, varias veces tectonizados y metamórfizados hasta alcanzar las facies anfibolitas y granulitas en la colisión de microcontinentes y sufrir luego parcialmente metamorfismo retrógrado, registrando toda la historia evolutiva del escudo (Mendoza, V. 2005).

La provincia de Imataca registra seis o más dominios tectónicos, separados entre sí por grandes fallas tipo corrimientos. internamente el plegamiento es isoclinal con repliegamiento más abierto. En la parte norte, los pliegues tienen rumbos NW mientras que en la parte sur la tendencia dominante de los pliegues es N60-70E que es la que predomina regionalmente, es decir aproximadamente paralelas a la Falla de Gurí (Mendoza, V. 2005).

Ascanio, G. (1975) postuló que parte, al menos, del Complejo de Imataca está formado por varias fajas tectónicas que representan micro continentes que por deriva chocaron unos con otros con obducción, quedando separados entre sí por grandes corrimientos. Ascanio, denominó a estas fajas como la de La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra y Cerro Bolívar (Figura 2.2).

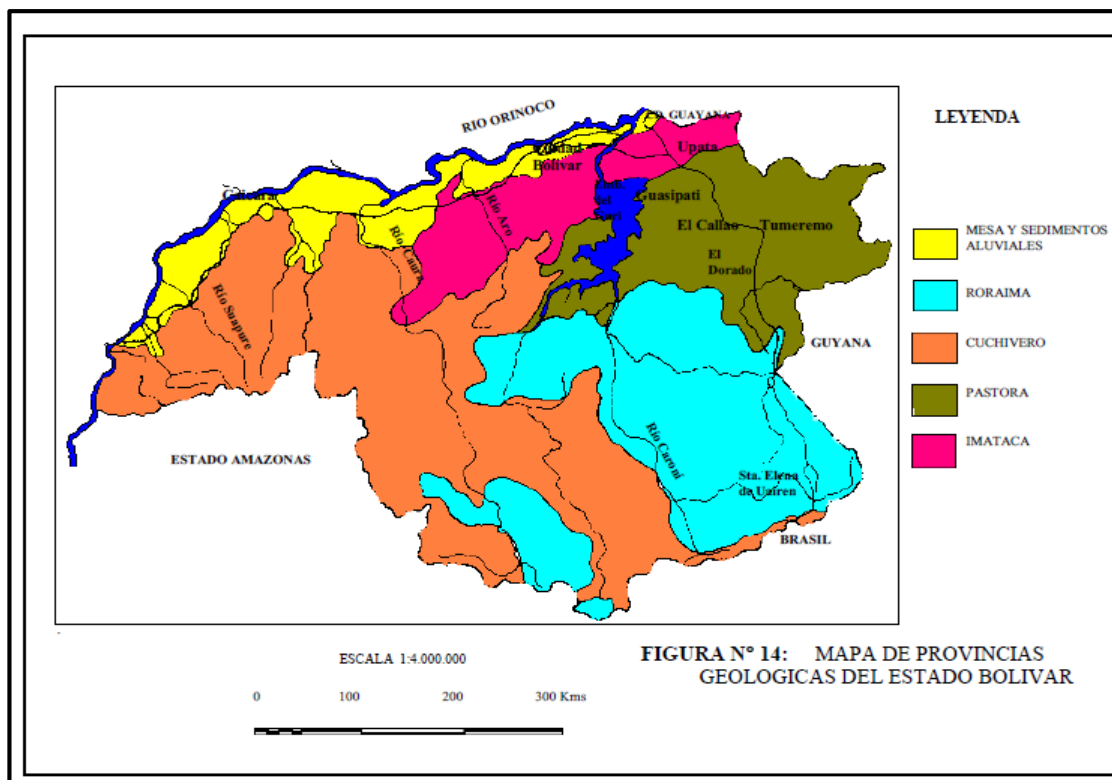


Figura 2.2 Mapa de Provincias Geológicas del Estado Bolívar (Mendoza, V. 2005).

2.9.3 Faja de Ciudad Bolívar

Constituida por gneis cuarzo-feldespáticos de grano grueso generalmente granatíferos, intercalados con esquistos y anfibolitas. Contiene Formaciones de hierro de grano medio, entre los cuales el de mayor importancia es el Cerro María Luisa. Las estructuras presentan un rumbo general N60°W. Al norte del Cerro María Luisa y hacia el sur de la Serranía de Buenos aires y María Luisa, se presenta el desarrollo de gneises monzograníticos, sienograníticos y granodioríticos con textura de grano grueso, de color rosado, dentro de los cuales se observa la presencia de restos de gneises anfibolíticos (Ascanio, G. 1975) (Figura 2.3).

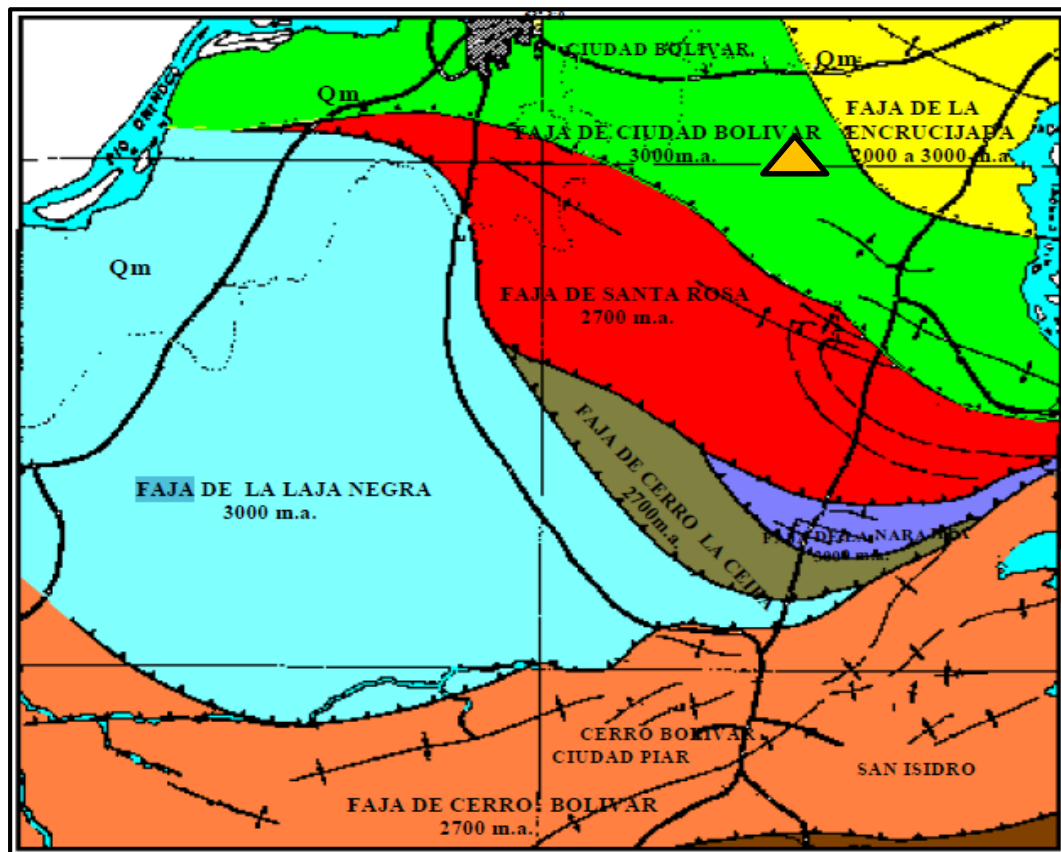


Figura 2.3 Complejo de Imataca en los alrededores de Cerro Bolívar. (Simplificado de Ascanio 1975).

2.10 Geología local

Localmente, en la zona del proyecto, la geología está representada por gneises, lentes de anfibolitas, cuarcitas ferruginosas y rocas ígneas intrusivas en forma de diques y sills delgados compuestos de granitos, granodioritas y dioritas cuarcíferas y secuencia sedimentaria de arcilla caolinitica, caolín, limolitas y arenas limolíticas, bien estratificadas, macizas a laminadas generalmente de color rojizo gravas y arenas no consolidadas en el tope, de color marrón rojizo, por el óxido de hierro.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Para la ejecución y desarrollo de este proyecto, se realizó consultas a estudios previos relacionados con el tema a desarrollar, debido a que fueron ejecutados dentro de la Provincia Geológica de Imataca, en las cercanías del área de estudio. Se muestran en este punto los aportes efectuados por los diferentes autores.

Durante los años 1982 hasta 1992, Corporación Venezolana de Guayana Técnica Minera (C.V.G TECMIN) realizó recopilaciones de datos e información, y en diferentes sectores campañas de mapeo geológico de campo; sin profundizar en los aspectos relacionados con los depósitos de caolín. El programa de trabajo que se presenta, tiene como particularidad de generar alternativa económica no petrolera, para recabar información de localización y caracterización de los principales depósitos de caolín. Para ello se tomó como referencia la publicación de Corporación Venezolana de Guayana Técnicas Mineras (C.V.G TECMIN) C.A. (1991) “Informe de Avance de la Hoja de Radar Nb-20-2, Tomo II: Clima, Geología, Geomorfología, Suelos y Vegetación”

García, María. y Bastardo, Eizon. (2017). Realizaron el trabajo de grado titulado “Caracterización Geológica de los Depósitos de Arena Presentes en una Sección del Caño Chirere, coordenadas UTM REGVEN P1 N 916690 E 499537 P2 N 916681 E 500524 P3 N 916401 E 500507 P4 N 916425 E 499524 con Fines Comerciales, Municipio Caroní del Estado Bolívar”, se trata de la caracterización sedimentológica del depósito de arena, presente en una sección del Caño Chirere, afluente del río Orinoco, ubicada en el Municipio Caroní, donde existen acumulaciones

significativas de estos materiales, que requieren evaluarse, a los fines de su utilización como arena lavada para construcción.

De acuerdo a los resultados del análisis granulométrico por tamizado, se determinó que el tamaño de las partículas que más predomina es arena gruesa a media y se clasifica de acuerdo con las normas S.U.C.S. como arena tipo SP. El análisis morfoscopico reveló que en el total de las muestras analizadas, predominan los granos redondeados, con promedio de 69%; lo cual indica que los sedimentos han sufrido mucho transporte. El restante 31% representa a las partículas angulosas. El cálculo volumétrico efectuado mediante 2 secciones transversales indica un potencial de 1.051.110 m^3 de arena lavada.

Este trabajo de grado, nos sirve de referencia en geología, ya que esta zona de estudio resunta característica similar a una sección del Caño Chirere.

Mendoza, V. (2005) EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO). Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar, Venezuela. Este trabajo es una compilación de los estudios y publicaciones geológicas donde se resume la geología de Guayana, por lo que es una referencia obligada para conocer la geología regional en la que se enmarca el área de estudio.

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Exploración minera

La exploración es la primera fase de la actividad minería y consiste en la búsqueda de yacimientos minerales, la misma supone un elevado riesgo económico, debido a que implica gastos que solamente se recuperan en caso de que la exploración

tenga éxito, y que la explotación minera sea fructífera. A su vez, el proceso de explotación de los yacimientos minerales, es una actividad de alto riesgo económico, debido a que se deben realizar inversiones a largo plazo, que se sustentan en los precios del producto minero, el cual está sujeto a oscilaciones. (García y Suárez, 2001).

3.2.2 Metodología de la investigación minera

Según Higuera y Oyarzun (2001) en la investigación minera se suele subdividir el trabajo en tres etapas claramente diferenciadas, de forma que solamente se aborda la siguiente en caso de que la anterior haya cumplido satisfactoriamente los objetivos previstos. Se trata de una fase de pre-exploración, una de exploración propiamente dicha y otra de evaluación. Si incluso ésta última alcanza los resultados previstos se realiza un estudio de viabilidad económica. Como objetivos generales de cada una de estas etapas se pueden fijar los siguientes:

3.2.2.1 Prospección

Tiene por objeto determinar si una zona concreta, normalmente de gran extensión, presenta posibilidades de que exista un tipo determinado de yacimiento mineral. Esto se establece en función de la información de que disponemos sobre ese tipo de yacimiento y sobre la geología de la regional del área de estudio. Suele ser un trabajo fundamentalmente de oficina, en él se cuenta con el apoyo de información bibliográfica, mapas, fotos aéreas, imágenes de satélite, entre otros, aunque puede incluir alguna salida al campo para reconocer las zonas de mayor interés (García y Suárez, 2001).

3.2.2.2 Exploración

Una vez establecidas las posibilidades de la existencia del mineral en el área estudiada, se pasa al estudio sobre el terreno. En esta fase se aplican las diversas técnicas disponibles para llevar a cabo de forma completa el trabajo, dentro de las

posibilidades presupuestarias del mismo. Su objeto final debe ser corroborar o descartar la hipótesis inicial de existencia de mineralizaciones del tipo prospectado. (García y Suárez, 2001).

3.2.2.3 Evaluación

Una vez se ha detectado una mineralización de interés minero, es decir, en la que se observan caracteres que permiten suponer que pueda llegar a ser explotada, se ha lleva a cabo su valoración económica. Sin embargo, los datos de la evaluación no son aún concluyentes, y debe ir seguida, en caso de que la valoración económica sea positiva, de un estudio de viabilidad, que contemple todos los factores geológicos, mineros, sociales y ambientales, que pueden permitir o no que una explotación se lleve a cabo.

Para cumplir con cada uno de estos objetivos (García y Suárez, 2001). Indican que se cuenta con una serie de herramientas, tanto de oficina como de campo.

3.2.3 Herramientas y técnicas de exploración minera

La exploración minera se basa en una serie de técnicas, instrumentales y empíricas, de costo muy diverso. Por ello, normalmente se aplican de forma sucesiva, solo en caso de que el valor del producto sea suficiente para justificar su empleo, y solo si son necesarias para complementar las técnicas que ya se hayan utilizado hasta el momento (García y Suárez, 2001).

3.2.4 Recopilación de información

Es una de las técnicas preliminares, de bajo costo, que puede llevarse a cabo en la propia oficina. Consiste básicamente en recopilar toda la información disponible sobre el tipo de yacimiento prospectado, así como, sobre la geología de la zona de estudio y de su historial minero. Toda esta información nos debe permitir establecer

el modelo concreto de yacimiento y las condiciones bajo las que debe llevarse a cabo el proceso de prospección (García y Suárez, 2001).

En esta fase resulta muy útil contar con el apoyo de mapas metalogenéticos que muestren no solo la localización (y tipología) de yacimientos, sino también las relaciones entre ellos y su entorno (García y Suárez, 2001).

3.2.5 Teledetección

La utilización de la información de los satélites, es una técnica de relativamente bajo costo y que se aplica desde la oficina, aunque también a menudo complementada con salidas al campo (Tarbuck y Lutgens, 2004).

La información que ofrecen los satélites que resulta de utilidad geológico-minera se refiere a la reflectividad del terreno frente a la radiación solar, ésta incide sobre el terreno, en parte se absorbe, y en parte se refleja, en función de las características del terreno. Determinadas radiaciones producen las sensaciones apreciables por el ojo humano, pero hay otras zonas del espectro electromagnético, inapreciables para el ojo, que pueden ser recogidas y analizadas mediante sensores específicos. La Teledetección aprovecha precisamente estas bandas del espectro para identificar características del terreno que pueden reflejar datos de interés minero, como alteraciones, presencia de determinados minerales, variaciones de temperatura, humedad, entre otras características (Tarbuck y Lutgens, 2004).

3.2.6 Geología

El estudio en mayor o menor detalle de las características de una región siempre es necesario en cualquier estudio de ámbito minero, ya que cada tipo de yacimiento suele presentar unos condicionantes específicos que hay que conocer para poder llevar a cabo con mayores garantías de éxito la exploración. Es un estudio que se

lleva a cabo durante las fases de preexploración y exploración, ya que su costo aún suele ser bastante bajo. Tiene también un aspecto dual, en el sentido de que en parte puede hacerse en oficina, a partir de los datos de la recopilación de información y de la teledetección, pero cuando necesita un cierto detalle, hay que complementarla con observaciones sobre el terreno (Tarbuck y Lutgens, 2004).

3.2.7 Geoquímica

La prospección geoquímica consiste en el análisis de muestras de sedimentos de suelos o de aguas, o incluso de plantas que puedan concentrar elementos químicos relacionados con una determinada mineralización. Tiene su base en que los elementos químicos que componen la corteza tienen una distribución general característica, que aunque puede ser distinta para cada área diferente, se caracteriza por presentar un rango de valores definido por una distribución unimodal log-normal. En otras palabras, la concentración "normal" de ese elemento en las muestras de una región aparece como una campana de gauss en un gráfico semilogarítmico. Sin embargo, cuando hay alguna concentración anómala de un determinado elemento en la zona (que puede estar producida por la presencia de un yacimiento mineral de ese elemento), esta distribución se altera, dando origen por lo general a una distribución bimodal, que permite diferenciar las poblaciones normal (la existente en el entorno de la mineralización) y anómala (que se situará precisamente sobre la mineralización). (Tarbuck y Lutgens, 2004).

El coste de estas técnicas suele ser superior al de las de carácter geológico, ya que implican un equipo de varias personas para la toma y preparación de las muestras, y el coste de los análisis correspondientes. Por ello, se aplican cuando la geología ofrece ya información que permite sospechar con fundamento la presencia de yacimientos (Tarbuck y Lutgens, 2004).

3.2.8 Recursos minerales

En la actualidad, prácticamente todos los productos manufacturados derivan de sustancias provenientes de los minerales, estos minerales útiles comercialmente son definidos como Recursos Minerales (Tarbuck y Lutgens, 2004).

Entre estos recursos tenemos los yacimientos ya identificados de los cuales se puede extraer provechosamente minerales, los cuales se denominan reservas, los depósitos conocidos que ya no son recuperables desde el punto de vista económico y/o tecnológico y los yacimientos que se supone que existen, pero todavía no se han descubierto (Tarbuck y Lutgens, 2004).

Cabe destacar que para que un mineral sea considerado un yacimiento debe poseer una gran extensión y riqueza económica. (Tarbuck y Lutgens, 2004).

Dentro de los recursos minerales se pueden identificar a los minerales metálicos que pueden extraerse con beneficios económicos, los cuales son denominados menas, aunque también este término se aplica en algunos minerales no metálicos, como la fluorita y el azufre. Y a los materiales utilizados con otro propósito como en la construcción, abrasivos y cerámicas, denominados rocas o minerales industriales (Tarbuck y Lutgens, 2004).

3.2.9 Recursos minerales no metálicos

Se suelen extraer y procesar principalmente por los elementos no metálicos que contienen o por las propiedades químicas o físicas que posee. Estos se dividen en dos amplios grupos, los materiales de construcción y los minerales industriales. Muchos de estos recursos no metálicos se sitúan en ambos grupos, como ejemplo se puede mencionar el Caolín y la Caliza (Tarbuck y Lutgens, 2004).

3.2.9.1 Materiales de construcción

Se encuentran ampliamente distribuidos y presentes en cantidades casi ilimitadas en la superficie terrestre, por lo que su valor económico surge una vez que han sido extraídos y procesados; en comparación con los metales y minerales industriales su valor por tonelada es bajo, por lo cual las labores de minería y excavación para su extracción normalmente se realizan para satisfacer el mercado local (Tarbuck y Lutgens, 2004).

3.2.9.2 Minerales industriales

Abarcan la mayoría de los recursos no metálicos y su importancia varía dependiendo de su composición química y de sus propiedades físicas. A diferencia de los materiales de construcción, no son tan abundantes, la extensión y distribución de los depósitos es mucho más restringida (Tarbuck y Lutgens, 2004).

Muchos de los minerales industriales necesitan un considerable proceso de tratamiento para extraer la sustancia deseada en el grado de pureza necesaria para ser utilizado, a diferencia de los materiales de construcción que necesitan un mínimo de tratamiento (Tarbuck y Lutgens, 2004).

3.2.10 Caolín

El caolín es una roca arcillosa cuyo mineral, la caolinita, tiene una estructura cristalina bien definida y químicamente es un silicato de alúmina. El caolín contiene una cierta proporción de minerales del grupo de caolín, que puede ser económicamente extraída y concentrada. Se trata, generalmente, de una arcosa o arena caolínífera, granito o gneis caolinitizado, que es necesario procesar para enriquecer en minerales del grupo del caolín (García y Suárez, 2001).

China fue el primer país en utilizar arcillas blancas en la cerámica, aproximadamente hace 3.000 años atrás. El nombre de caolín se deriva del nombre de la montaña de donde se extraía dicho mineral, Kau-ling, que significa cerro elevado. (García y Suárez, 2001).

El caolín, tal como se obtiene en una explotación mineral (caolín bruto/todo uno) posee un contenido variable de caolinita y/o halloysita que, a veces no llega al 20 %, además suele tener cuarzo, feldespatos, micas, y, dependiendo de la roca madre otro tipo de minerales accesorios. Para concentrar el mineral es preciso someterlo a diferentes procesos que eleven el contenido en filosilicatos por encima del 80 %. El producto final, generalmente, recibe el nombre de caolín lavado. (García y Suárez, 2001).

Como la caolinita tiene un tamaño de partícula muy pequeño, el lavado de las fracciones groseras conduce a un material con alto contenido en caolinita. Es evidente que cuanto mayor sea el contenido en fracciones finas del caolín bruto, mayor será también el porcentaje en caolinita (García y Suárez, 2001).

Un caolín comercial de alta calidad apenas deberá tener partículas superiores a los 20m, lo que garantizaría una riqueza en caolinita superior al 80% (García y Suárez, 2001).

3.2.11 Arcillas caoliníferas

El término agrupa un conjunto de arcillas sedimentarias con significativos contenidos de caolinita acompañada de otros minerales detríticos como micas, feldespatos, óxidos de hierro, etc. Sin embargo, en estos materiales la fina granulometría de todos sus componentes impide la separación y concentración de fracciones ricas en caolinita. Al tener, en general, carácter refractario, son destinados

a las industrias cerámicas prácticamente en bruto, sin tratamientos previos (Bartolomé, J. 1997).

En función de sus características físico-químicas, mineralógicas y geológicas, reciben nombres específicos. Así, se distinguen:

3.2.11.1 Ballclays

Arcillas caoliníferas altamente plásticas y dispersables en agua. Presentan colores oscuros causados por la presencia de materia orgánica, pero cuecen con color blanco. En su composición mineralógica es mayoritaria la caolinita desordenada de pequeño tamaño de partícula. Su granulometría se caracteriza por los altos contenidos en partículas de tamaño inferior a las 2 μm . Las ballclays americanas tienden a ser más gruesas que las europeas. Son los materiales más interesantes para la fabricación de cerámica blanca de alta calidad, junto a los caolines plásticos (Bartolomé, J. 1997).

Su utilidad fundamentalmente radica en la elevada plasticidad y resistencia mecánica en verde que imparten a las pastas cerámicas en las que intervienen. Además, son las mejores arcillas refractarias, al añadir a su composición y grano un alto poder ligante (Bartolomé, J. 1997).

3.2.11.2 Arcillas refractarias (fireclays)

Son arcillas compactas más o menos plásticas. En general contienen óxidos de hierro que impiden la cocción blanca, pero al igual que las anteriores, la caolinita desordenada es el mineral mayoritario (Bartolomé, J. 1997).

El término induce a confusión ya que el carácter refractario es común a todas las arcillas caoliníferas, aunque no todas se emplean en la industria con esa finalidad (Bartolomé, J. 1997).

3.2.11.3 Flint clays

Son arcillas masivas y duras, carentes de plasticidad, hasta el punto de presentar fractura concoidea. Su componente mayoritario es la caolinita muy ordenada y bien cristalizada, con pequeño tamaño de partícula. Su campo principal de aplicación es la fabricación de refractarios sílico-aluminosos (Bartolomé, J.1997).

3.2.11.4 Tonsteins (underclay)

Esta es una denominación usada en Centroeuropa para un tipo de roca similar en sus propiedades físico-químicas y mineralógicas a las flintclays. En este caso son niveles volcánicos interestratificados o no, en los paquetes de carbón de ciertas cuencas hulleras (Bartolomé, J.1997).

3.2.12 Aplicaciones industriales del caolín

Las formas de aplicación del caolín en las principales industrias que lo utilizan es la siguiente:

3.2.12.1 Industria de la pintura

Las características físicas y químicas del caolín, y el hecho que su aplicación es económicamente interesante, hacen que se presente en la fabricación de pintura como una alternativa como extensor de los pigmentos de colores básicos caros. El caolín sea en su estado natural o calcinado, se utiliza para mejorar otras características de la pintura de emulsión, protecciones oleo-recinicos, capas básicas o de terminación para uso doméstico y/o industrial (Sanguinetti, G. 1992).

3.2.12.2 Industria de plástico y caucho

Seria antieconómico y poco práctico fabricar la mayoría de los cauchos con base en la materia prima natural o sintética. Para reducir los costos de fabricación se añade relleno para reforzar el componente caucho, y uno de los utilizados más frecuentemente es el cartón (Sanguinetti, G. 1992).

3.2.12.3 Industria del papel

Aproximadamente el 80% de toda la producción del caolín, se utiliza en la elaboración del papel y cartón, sea como cubierto superficial o relleno. Generalmente el papel cubierto (papel couché) tiene una superficie muy suave, liza y brillante, el cual presta excelente calidad para la impresión (Sanguinetti, G. 1992).

3.2.12.4 Industria de la cerámica

En la industria de la cerámica se utiliza el caolín fundamentalmente para la producción de porcelana hecha con base en un cuerpo de texturas finas. Estos incluyen productos de porcelana, materiales de sanitarios, baldosas y porcelanas en aplicaciones eléctricas (Sanguinetti, G. 1992).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

Según Dankhe, G. (1986) una investigación descriptiva: “Consiste en la caracterización de un hecho, o fenómeno o grupo con fin de establecer su estructura o comportamiento. El investigador describe situaciones y eventos. Los estudios buscan especificar tipo de investigación, las propiedades importantes de personas, grupos comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis”.

De acuerdo a la naturaleza y característica del problema de objeto de estudio, esta investigación se enmarca dentro de la investigación descriptiva, por cuanto; a través, de esta se desarrolla una característica geológica de los depósitos de arcillas y arcilla caolinitica del hato Cañabral.

Este trabajo de grado, a su vez, también se basa en una investigación de tipo campo o trabajo de campo es la recopilación de información fuera de un laboratorio o lugar de trabajo. Es decir, los datos que se necesitan para hacer la investigación se toman en ambientes reales no controlados, ya que, para el desarrollo del objetivo general y los objetivos específicos anteriormente planteados. Se llevó a cabo cuatro (4), visitas de campo a la zona de estudio del hato Cañabral.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de una investigación, se refiere a la manera práctica y precisa que se debe adoptar para cumplir con los objetivos de su estudio, ya que el diseño de una investigación indica los pasos a seguir para alcanzar estos objetivos. Es necesario por

tanto que previo a la selección del diseño de una investigación, se tengan claro los objetivos de la investigación.

(Arias, F. 2006). La investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad, donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variables algunas.

Este trabajo de grado, consistió en caracterizar la geología de la arcilla y arcilla caolinitica del hato Cañabral, con fines de determinar áreas potenciales de los depósitos de este mineral no metálico, ubicado en el km 60 de la autopista Puerto Ordaz- Ciudad Bolívar, Municipio Heres del Estado Bolívar. Se basa prácticamente en la toma directa y con alteración de las muestras en su ambiente natural, para su posterior estudio mediante métodos científicos. Durante la realización del proyecto se desarrolló una metodología sistemática de investigación la cual se desarrollaron una serie de fases.

4.3 Población de la investigación

Para Balestrini, M. (2006), se entiende por “población cualquier conjunto de elementos de los que se quiere conocer o investigar alguna, de sus característica”.

En el caso objeto de estudio, la población está constituida por un lote de terreno que comprende una extensión total de 5.618 m² denominado hato Cañabral.

4.4 Muestra de la investigación

Según Hernández y otros en (2003), corresponde al “tipo de muestras cuya selección no depende de que todos tenga la misma probabilidad de ser elegido, sino de la decisión de un investigador o grupo de investigadores; de la población señalada

se tomara unas muestras representativas de arcilla y arcilla caolinitica constituida unas muestras no probabilística, la cual se tomaron diez (10) muestras para realizar los análisis físicos-químicos.

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Un instrumento de recolección de datos es en principio cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. De este modo el instrumento sintetiza en si toda la labor previa de la investigación, resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto a las variables o conceptos utilizados

Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Ejemplo Fichas, formatos de cuestionario, guías de entrevista, escalas de actitudes u opinión

Los instrumentos que se utilizaron para la obtención de los datos de la realidad y una vez recogidos podrá pasarse a la siguiente fase: el procesamiento de datos. Lo que se pretende obtener responde a los indicadores de estudio, los cuales aparecen en forma de preguntas, es decir, de características a observar y así se elaboraran una serie de instrumentos que serán los que en realidad, requiere la investigación u objeto de estudio.

En esta investigación, la técnica de recolección de datos se aplicó en forma directa e indirecta. La forma indirecta de recolección de datos fue mediante la revisión bibliográfica, publicaciones en internet y trabajos previos. También se revisaron imágenes de satélite para la realización de mapas.

4.5.1 Técnicas a utilizar para la recolección de los datos

En la presente investigación, se utilizó la técnica de investigación de recolección de datos, dirigidos a la población objeto de estudio. Esta sirvió para dar a conocer la medición y el conocimiento de lo que se investigó.

La investigación no tiene sentido sin las técnicas de recolección de datos. Estas técnicas conducen a la verificación del problema planteado. Cada tipo de investigación determinara las técnicas a utilizar y cada técnica establece sus herramientas, instrumentos o medios que serán empleados.

Durante todo el proceso de la investigación, tanto para conformar el marco teórico, como en el marco metodológico; en el teórico dependemos más de la consulta bibliográfica y su fichaje; mientras que en el metodológico por ser el trabajo operativo de desmenuzar y escrutar las variables se requiere del manejo de Instrumentos más detallados, específicos y diversificados.

Según Arias, F (2006) define la técnica “como un instrumento de recolección de dato de cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel digital) que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información.”

4.5.2 Observación directa

Es un método de recolección de datos que consiste en observar al objeto de estudio, dentro de una situación particular. Esto se hace sin intervenir ni alterar el ambiente, en el que el objeto se desenvuelve. De lo contrario, los datos obtenidos no serían válidos

La evaluación geológica requirió de éste tipo de técnica, para poder recolectar los datos característicos de las zonas de interés de arcilla caolinitica para su explotación, acarreo y comercialización.

Este tipo de recolección de datos se realizó a través de inspección directa del Hato Cañabral en un lote de terreno de interés, donde se localiza un yacimiento de arcilla caolinitica. Se observa en su estado natural sin alteración por el hombre y evidencia de evento geológico naturales como son: laterita y alteración química (Saprolita).

4.5.3 Entrevistas informales

“La entrevista informal se reduce a una simple conversación sobre el tema de estudio, donde lo importante es hacer hablar al entrevistado de modo de obtener un panorama de los problemas más salientes, de los mecanismos lógicos y mentales del respondiente, de los puntos básicos para él”. (Sabino, C. 1992).

Las entrevistas se utilizan para recabar información en forma verbal, a través de preguntas que propone el estudiante. Quienes responden pueden ser gerentes, empleados o tutores académicos, los cuales son profesionales y conocedores de la geológica y minería. “Es de gran utilidad en estudios exploratorios y recomendable cuando se trata abordar realidades poco conocidas por el estudiante”.

En el Instituto Autónomo Minas Bolívar (IAMIB) e Instituto Nacional de Geología y Minera (INGEOMIN), se realizó entrevista al personal técnico acerca de la geología regional y local del sector ubicado en el kilómetro 60 de la vía Ciudad Bolívar-Puerto Ordaz, consulta de cartografía nacional y tipos de ensayos físicos y químicos de las muestras recolectadas en campo y asesoría académica en la interpretación de los resultado y elaboración de trabajo de grado.

4.5.4 Instrumentos a utilizados para la recolección de los datos

Los instrumentos utilizados son:

Vehículo, GPS, equipo de perforación, libreta de campo, lápices, estación total, PC y accesorios, bolsas para muestras, cinta adhesiva. y marcadores

4.6 Etapas de la investigación

Para el logro de los objetivos específicos de este trabajo de investigación, donde se obtuvo la caracterización geológica del yacimiento de arcilla caolinitica en el hato Cañabral. Se trazaron cubrieron las siguientes etapas de investigación donde se describe las actividades realizadas (Figura 4.7).

4.6.1 Revisión Bibliográfica y cartográfica

4.6.1.1 Recopilación y validación de información respecto al área de estudio

Para elaborar el trabajo de grado, se acudió a todas las fuentes posibles: bibliotecas, hemerotecas, salas de estudio; con el fin de recolectar toda información sobre el tema consultando libros, periódicos, tesis, guías. La técnica se basa en recopilación bibliográfica y análisis documental. El material consultado consistió fundamentalmente de trabajos de geología, realizados en el área de estudio, en el IAMIB reposa toda la información de minería no metálicas en la zona. Tales como reconocimientos geológicos y estudio de impacto ambiental, y consulta de hoja cartográfica 7540 I SE; donde se localiza en hato Cañabral.

4.6.2 Etapa de Campo

4.6.2.1 Reconocimiento de la zona

El reconocimiento en campo, se hizo a través de cuatro (4) visita técnica, donde se localiza dentro del predio denominado hato Cañabral, el mineral no metálico

arcilla caolinitica; que la suprayace sedimentos lateríticos perteneciente de la Formación Mesa, con contacto concordante con la arcilla caolinitica (Figura 4.1).

A través de inspección directa de campo, se reconoce la formación geológica presente en la zona, se identificó el mineral de potencial económico para su explotación y comercialización del hato Cañabraval.

Se realizó un recorrido en campo, para identificar el talud laterítico. Se determinó en el tope y en la base formaciones de saprolita (arcilla caolinitica), geoposicionando punto perietrales para del talud, con un GPS modelo Garmin 64X. Así, como también se fotografió el talud.

En esta etapa de campo, se logró alcanzar el primer objetivo específico de reconocimiento geológico del área de estudio para delimitar la zona de interés y en oficina interpretar y digitalizar la geología local.



Figura 4.1 Reconocimiento de la zona de estudio

4.6.2.2 Levantamiento geológico de superficie

El levantamiento de geología de superficie, se realizó a través de mediciones de cada estrato, utilizando una cinta métrica. Se describen en una libreta de campo las

estructuras sedimentarias, litologías y levantamiento estratigráfico de base a tope de una sección del área de estudio. En la figura 4.2 se logra observar el talud laterítico y arcilla caolínica, área donde se pretende realizar la explotación de arcilla caolínica de ser factible el proyecto de exploración.



Figura 4.2 Geología local de la zona de estudio

4.6.2.3 Delimitación a través de GPS del depósito de caolín

La delimitación del área de estudio se realizó, por medio de un Geoposicionamiento Satelital (GPS) modelo Garmin 64x, donde se geoposiciona los vértices de una poligonal cerrada de 4 puntos con ángulo de 90° en sus lados de coordenadas UTM DATUM REGVEN.

4.6.2.4 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico planialtimétrico, se realizó a través del GPS antes mencionado. Donde se geoposiciona puntos de estación a cada cinco (05) metros, y se

abarca toda el área delimitada, para ser representado en un mapa topográfico a escala 1:1000 (Figura 4.3).

En el geoposicionamiento de cada punto de estación, se tomaron datos del GPS coordenadas UTM DATUM REGVEN tales como: Norte, Este y cota para la elaboración de minuta topográfica donde estos datos fueron procesados en software especializado de Sistema de Información Geográfica (GIS) Arcgis y Qgis.



Figura 4.3 Levantamiento topográfico de la zona de estudio

4.6.2.5 Sondeo exploratorio a través de calicata

Se realizaron diez (10) sondeos exploratorios, a través de excavación de 10 calicatas de dos (02) metros de profundidad, a fin de delimitar el cuerpo de caolín y

determinar la cobertura coluvional y laterítica que recubre cuerpo en el tope (Figura 4.4).

En este sonde exploratorio se observó que a profundidad la arcilla caolinita presenta una consistencia más densa y blanquecina con poca presencia de arena, limo y precipitación de materiales ferroso, es decir, que a mayor profundidad la arcilla caolinita es más pura con un tacto sedoso.



Figura 4.4 Elaboración de calicata en la zona de estudio

4.7 Etapa de Oficina

4.7.1 Análisis granulométricos de las muestras

Es importante señalar que el análisis granulométrico realizado en el laboratorio Alfarería Bolívar, de la muestras M1, M2, M3 y M4, fue aplicado mediante la norma ASTM C 117-95, método de ensayo normalizado para determinar la cantidad de

material más fino que el tamiz 75 μm o 0.075 mm de los áridos minerales por el método de lavado.

A continuación, se desglosarán los pasos realizados en el ensayo de análisis granulométrico:

- a) Se identificaron las muestras de la siguiente manera: M1; M2; M3 y M4.
- b) Se procedió a secar a una temperatura constante de 100 ± 5 °C, tomando 300 gr de cada muestra para realizar el análisis granulométrico.
- c) Cada muestra fue colocada en un recipiente y le fue agregado agua aproximadamente igual a la proporción de la muestra, agitando durante 30 minutos o hasta que homogenizara.
- d) De inmediato fue vertido en el juego de tamices dispuestos de manera descendientes (del tamiz N° 2 mm al N° 63 μm) en la cribadora, y por segunda vez, se agrega agua de manera constante hasta que el agua salga clara.
- e) Una vez que el material retenido en cada tamices secó, se procedió a pesar el mismo y así calcular el % de arena y el % de arcilla.

4.7.1.1 Procedimiento para determinar el límite líquido de las muestras

- a) Se pulverizó una cantidad suficiente de suelo (250 gr) secado al aire, y se pasó por el tamiz # 40. Luego se colocó una cantidad suficiente de suelo en la cápsula de porcelana, añadiéndole agua y mezclando el suelo hasta obtener un punto de consistencia tal que se pueda estimar la plasticidad de la muestra.

- b) Se tomó una porción de pasta de suelo con la espátula y se colocó en la taza casagrande, dividiéndola por el centro con el ranurador, para luego proceder a girar la manivela hasta que cerrara la ranura contando a la vez el número de golpes.
- c) De esta pasta se tomó una pequeña porción para pesarla, la cual se colocó en una taza de porcelana pesada con anterioridad en la balanza granataria y se llevó a secado al horno. Este procedimiento se repitió en otras dos oportunidades, pero incrementando la cantidad de agua.
- d) Una vez secada cada porción de suelo en el horno se pesaron nuevamente para calcular su contenido de humedad, que corresponde al límite líquido

4.7.1.2 Procedimiento para determinar el límite plástico de las muestras

- a) Una vez finalizado el ensayo de límite líquido, se toma una porción del material restante en la cápsula de porcelana, y se enrolla el suelo con la mano sobre una placa de vidrio, con suficiente presión para moldearlo en forma de cilindro de diámetro uniforme.
- b) Cuando el diámetro del cilindro llegue a 3 mm se debe romper en pequeños pedazos, y con ellos moldear unas masas que a su vez vuelvan a enrollarse. El proceso de hacer masas de suelo y enrollarlas debe continuar alternativamente hasta que el cilindro de suelo se rompa bajo la presión de enrollamiento, y no permita que se enrolle adicionalmente.
- c) Esta secuencia debe repetirse el número de veces que se requiera para producir suficientes pedazos que permitan llenar dos cápsulas de humedad (el límite plástico se corresponde con este valor), se lleva la muestra al horno y se determina el contenido de humedad; también se

introdujeron en el horno otras muestras en sus respectivas capsulas, con las cuales se sacó un promedio.

- d) Finalmente, el índice de plasticidad (IP) se obtiene de la resta del límite líquido menos el límite plástico.

4.7.2 Análisis químicos de las muestras

Para llevar a cabo los análisis químicos de las muestras recolectadas, en el Centro de Geociencias de la Escuela Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente Núcleo Bolívar. Se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica, en la espectrometría de absorción, se pudo comparar la intensidad de un haz de luz antes y después de la interacción con una muestra.

Los análisis químicos, fueron realizados a dos (02) muestras de suelo, para obtener el porcentaje de los óxidos mayoritarios como: sílice SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , óxido de calcio CaO , óxido de magnesio MgO , óxido de sodio Na_2O y óxido de potasio K_2O .

4.7.3 Realizar los mapas topográfico y geológico (anexo 1 y 2)

Los mapas topográficos y geológico se realizaron a través de software especializado de Sistema de Información Geográfica (GIS), los datos recolectados en campo del levantamiento topográfico son subsanados de cualquier error cometido en campo para luego ser introducido en el software ArcMap 10.2, donde esta generan a través del método de triangulaciones las curvas de nivel del terreno estudiado (anexo 1). Una vez elaborado el mapa topográfico se cartografían las unidades geológicas de superficie obtenidas del levantamiento geológico realizado en campo (anexo 2).

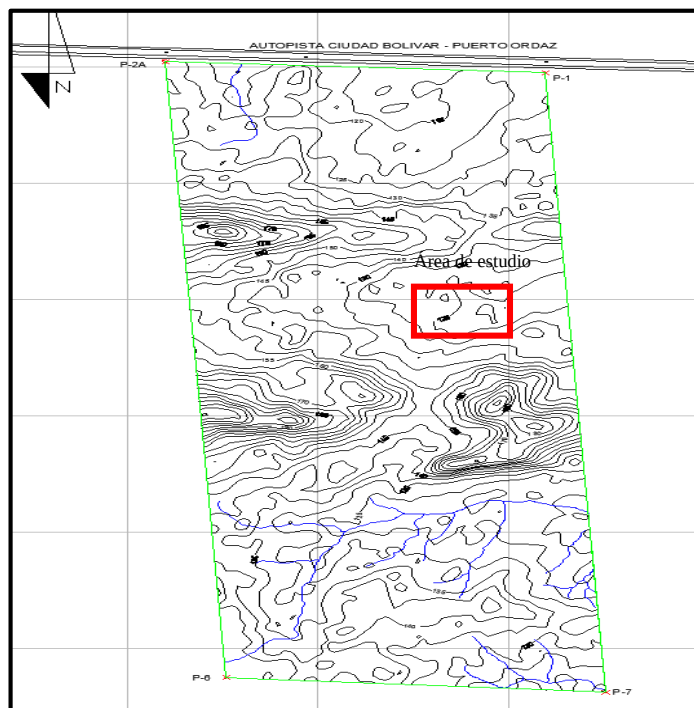


Figura 4.5 Curvas de nivel generado por el software arcMap, en la hoja 7540 I SE

4.7.4 Calcular el volumen de sedimentos depositado en la zona de estudio

La estimación de reserva probable de los sedimentos depositados en el área de estudio, se realizó a través de modelo digital de elevación obtenido del mapa topográfico y el software ArcGIS la cual, entrega datos de área y volumen de los sedimentos delimitado en la zona a través del método de isolíneas.

La superficie de contacto se modeló usando una red optimizada de triángulos irregulares (TIN) que conectan los puntos con coordenadas conocidas. La triangulación se realiza en un plano de referencia que debe ser paralelo a la superficie considerada, el mosaico de triángulos se genera sobre la base de la coordenadas X; Y mientras que la Z define la topología. Para generar el TIN.

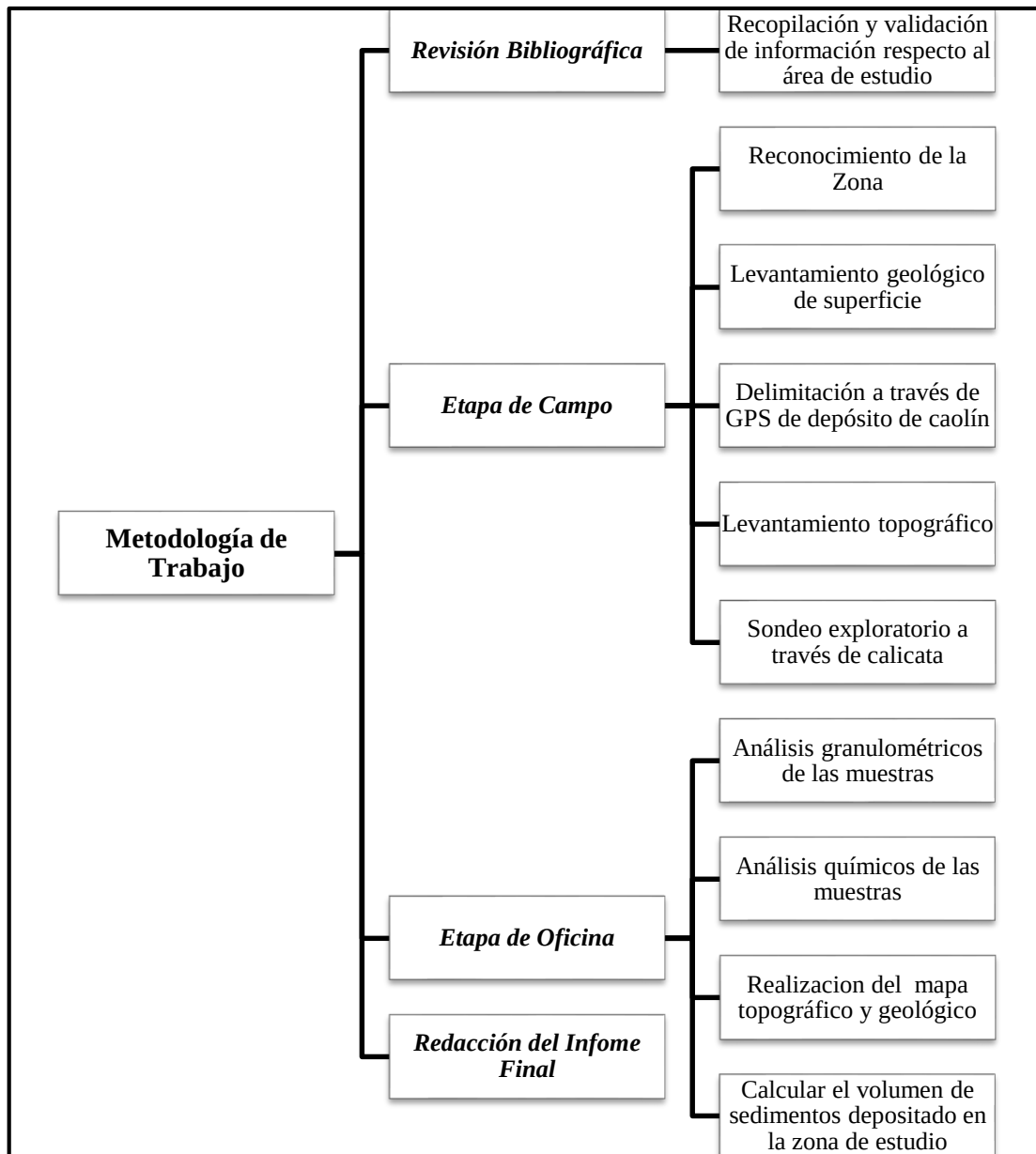


Figura 4.7 Diagrama de flujo de la metodología de trabajo

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se darán a conocer los resultados obtenidos de cada objetivo específico planteado para conocer el potencial geominero del hato Cañabral. A través del reconocimiento geológico de la arcilla caolinitica y recolección muestras del área de estudio.

5.1 Reconocimiento geológico de la zona de estudio, para la delimitación de una ocurrencia de caolín en el hato Cañabral

El reconocimiento de la zona de estudio se realizó, por medio de una serie de pasos, lo cuales se describen a continuación:

5.1.1 Análisis de las imágenes satelitales en el hato Cañabral

El objetivo primario de este programa de análisis de imágenes satelitales (figura 5.1), por tanto, en confirmar la presencia de arcillas caolíníticas y caolín dentro de los terrenos del hato Cañabral, en las coordenadas UTM DATUM REGVEN norte: 908099 y este: 492366 se observa una ranura en la superficie de suelos de escasa vegetación y coloraciones naranja-rojiza con depósito de agua de color verdoso donde se localiza el yacimientos de arcilla caolinitica.



Figura 5.1 Ubicación del yacimiento de arcilla caolinitica

5.1.2 Levantamiento geológico de superficie

Los sedimentos de la Formación Mesa y los suelos producto de la desintegración y meteorización de algunas rocas del Complejo de Imataca, son muy similares, por lo cual no es fácil diferenciarlos en el terreno en el hato Cañabral (Figura 5.2).



Figura 5.2 Desintegración y meteorización de algunas rocas del Complejo de Imataca

La estratificación de la Formación Mesa, al sur del Orinoco donde se localiza el hato Cañabral, se caracteriza por presentar lentes de arenas gruesas con estratificación cruzada de barras de meandros y un incremento progresivo, en profundidad de las capas de arcillas; también se localizan intercalaciones de lentes delgados de gravas y limos, indicativo de un carácter regresivo de la sedimentación (Figura 5.3).



Figura 5.3 Lentes delgados de gravas y limos en el área de estudio

A nivel del área del hato Cañabral, diferenciaron dos unidades, una de suelos arenosos y otra de suelos arcillosos.

La unidad de suelos arenosos, ricos en hierro, se encuentra aflorando en la parte septentrional, específicamente en cortes de la autopista, y al sur del Hato Cañabral, es el clásico suelo laterítico, con sus colores característicos rojizos y naranjas, deleznable al tacto.

Se presenta como un suelo semi consolidado de color rojo claro y oscuro, dependiendo de la cantidad de hierro y cuarzo con cambio gradual de suelos arenosos básicamente silíceos con colores que varían de amarillo, crema y blanquecinos, observados a lo largo del predio como cobertura sedimentaria reciente. (Figura 5.4).



Figura 5.4 Sedimentos lateríticos y arenosos del área de estudio

En el plano geológico, se elaboró una columna litoestratigráfica donde se expresa la litología, espesor, estructura sedimentaria y otras observaciones presentes, (figura 5.5).

A estos suelos le infrayace una capa horizontal de arcilla caolinitica de color blanquecina de dos (02) metros de espesor, se observan estructuras de estratificación plano paralela. El contacto superior es concordante de tipo erosivo en otras.

La arcilla caolinitica es de origen residual, asociado a gneises cuarzo feldespático y granulíticos del Complejo Geológico de Imataca, producto de la descomposición de los feldespatos a través del proceso de caolinización.

De tope a base se observó arena fina a media, mal escogida de color rojizo naranja, con estratificación laminar con 2,60 metros de espesor que se depositaron en un ambiente de baja energía, sedimento barra de canal; seguidamente grava fina arenosa de colores rojizo naranja con matriz soportante ferruginosa de 16 cm de espesor, originada a partir de la precipitación química de minerales ricos en óxidos de hierro. Por debajo de esta litología, continúa arenas muy gruesa, con variaciones de colores amarillento, blanquecina con estratificación cruzada, mal escogida con espesores de 3,20 metros, la cual nos indica que se depositaron en un ambiente de alta energía, con una capa de grava fina arenosa de colores rojizo naranja con matriz soportante ferruginosa de 16 cm para finalizar en la base con una capa horizontal de arcilla caolinitica de color blanquecina de consistencia dura de 1,70 metros de espesor.

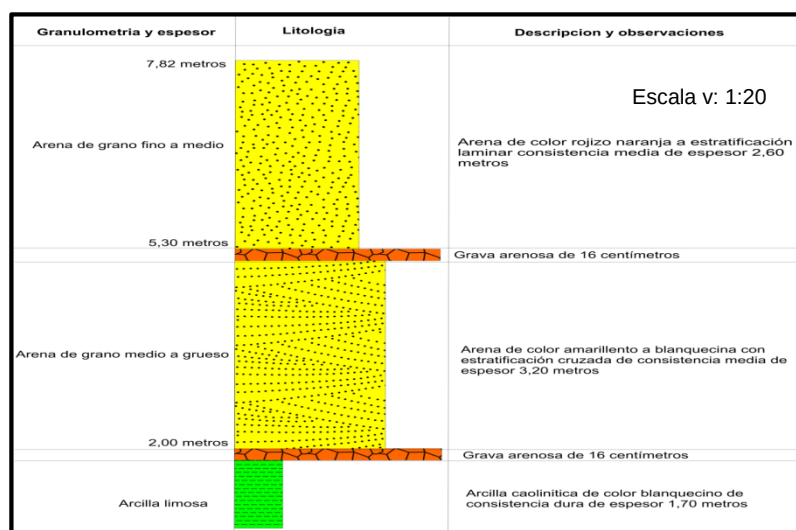


Figura 5.5 Columna litoestratigráfica general del talud base del hato Cañabral

5.1.3 Delimitación a través de GPS del depósito de caolín

Con el fin de fijar exactamente los límites del depósito de caolín, en el cual se realizó reconocimientos geológicos; a través, de análisis de imagen satelital e inspección directa de campo, tomas de muestras y entre otros para cumplir los objetivos trazados en este trabajo de investigación, se geoposicionando en campo con GPS los límites del terreno de interés exploratorio y donde se localiza el caolín, a través del sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) DATUM REGVEN con una superficie de 5.618 m² (tabla 5.1).

5.1.4 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico realizado, presenta una superficie relativamente plana, de cotas entre 125 y 130 msnm, circundando un área de depresión de aproximadamente 5.000 m². Esta depresión, también denominada cárcava, contiene el depósito de arcilla caolinitica. Tiene una forma rectangular en el rumbo SW a NE, de aproximadamente 500 metros de largo por 200 metros de ancho.

Tabla 5.1 Coordenadas que delimita área de estudio.

Coordenadas UTM-REGVEN del área de estudio		
Punto	Norte	Este
P1	908036	492351
P2	908036	492412
P3	908128	492412
P4	908128	492351
Superficie: 5.618 m ²		

5.1.5 Sondeo exploratorio a través de calicata

La exploración fue realizada en forma secuencial; a través, de una malla de 500 m por 500 m, para construir 10 calicatas de dos (02) metros de ancho y dos (02) metros de largo, con una profundidad máxima de dos (02) metros (figura 5.6).

Las calicatas expone el material, permitiendo observar la sucesión de estratos para facilitar la visualización en forma directa de la estratigrafía y la toma muestras alteradas; para someterlas posteriormente a los ensayos necesarios en laboratorio.

Las muestras se tomaron manualmente del fondo y de las paredes laterales de la calicata, las mismas se identificaron con un código alfanumérico y colocada, en bolsas plásticas para su posterior traslado al laboratorio de Granitos Bolívar C.A, en Ciudad Bolívar.



Figura 5.6 Elaboración de calicatas en campo

5.2 Ejecución de los ensayos químicos y físicos de las áreas potenciales para las características de arcilla caolinitica

5.2.1 Análisis químico de las muestras

La arcilla caolinitica que ocurre en el hato Cañabral, es de origen sedimentario, de textura uniforme y sedosa al tacto; de color blanco ligeramente opaco y presenta la siguiente composición geoquímica (Tabla 5.2)

Los análisis químicos nos permitieron establecer la calidad de las muestras extraídas, debido a que es necesario tomar en cuenta los porcentajes de SiO_2 , y Al_2O_3 , ya que un tenor elevado de los mismos determina el color cuando se calcina el producto y el contenido de Al_2O_3 es el encargado de determinar el poder refractario del caolín. También, es necesario conocer el contenido de Fe_2O_3 , tierras alcalinas presentes y otros minerales que le aportan impurezas y contaminan el caolín, disminuyendo grado de calidad y dando una coloración rojiza oscura al ser calcinado.

Tabla 5.2 Análisis químico de las muestras recolectadas en campo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	%SiO ₂	%Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	%MgO	%CaO	%Na ₂ O	%K ₂ O	%MnO ₂
M-01	47.02	31.12	0.75	0.14	0.18	0.13	0.06	0.10
M-02	47.12	30.89	0.89	0.13	0.17	0.11	0.09	0.08

El alto contenido de SiO_2 obtenido se debe a la presencia de fragmentos de cuarzo en las muestras tomadas; sin embargo, el contenido de Fe_2O_3 , y otras impurezas está por debajo del 3%, lo cual es un buen indicio de que la calidad del caolín aumenta si las muestras son extraídas a mayor profundidad y con el equipo adecuado.

5.2.2 Análisis físico de las muestras

Las muestras M-1 y M-2, tiene características similares, ya que se determinó que el tamaño de las partículas predomina son arenas finas (53,10%) a media (41,80%) y se clasifica por Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) como arena SP, arenas mal gradada, sin grava, presencia de material fino con poco porcentaje (1,10%) de color blanquecina con tono rosado de consistencia suelta (apéndice B).

En comparación de las muestras M-3 y M-4, se determinó que el tamaño de las partículas representativas son arenas finas (46,80%) a medias (28,20%) y se clasifica por (S.U.C.S.) como arena SC, arenas mal gradada, sin grava, presencia de material fino con porcentaje (21,20%), es decir, mezcla de arena con arcilla con un índice plástico aproximado de 23 de color blanquecina oscura con tono rosado de consistencia dura (apéndice B).

5.3 Ejecución del mapa topográfico de la zona de estudio a escala 1:1000 para el cálculo de reserva minera no metálica

A través, de software especializado de Sistema de Información Geográfica (GIS), se elaboró el mapa topográfico, con la ayuda de la hoja cartográfica 7540 I SE de 1970. A través, de este mapa se observa la configuración del terreno como planicie, con serranía en forma de domo de cota 140 a 180 msnm, alrededor de la zona evaluada. A continuación, se presenta el mapa topográfico (Figura 5.7). Anexo 1

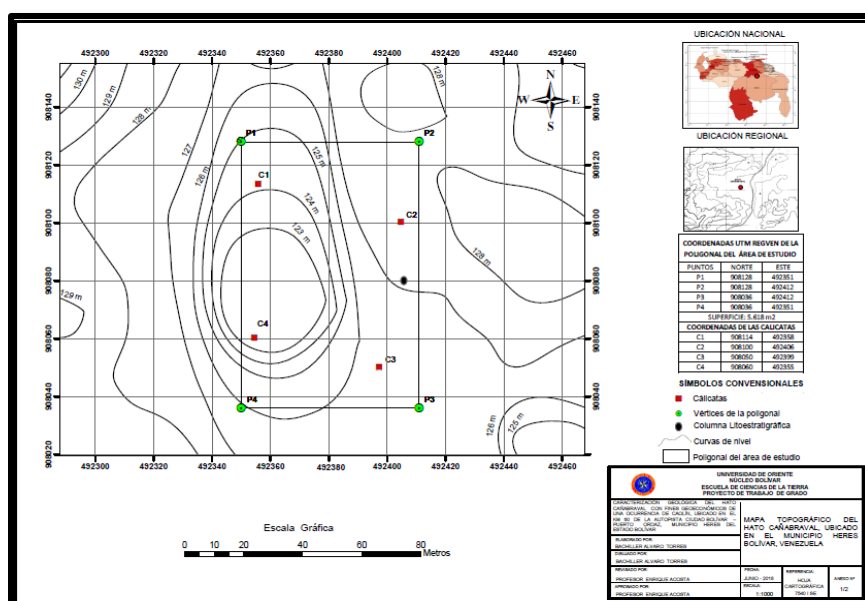


Figura 5.7 Mapa topográfico de la hoja cartográfica 7540 I SE con poligonal cerrada de la zona de estudio

Elaborado el plano topográfico a través de curvas de nivel se realiza cálculos de volumen del área de interés mediante métodos computarizado de isolineas con el software Surfer versión 11.

La reserva probable de arcilla caolinitica es de 28.226 m^3 con un área de 5.618 m^2

La altura promedio del área de explotación es de 5,02 m.

Con un peso específico de $2,6 \text{ tn/m}^3$ se calcula el tonelaje de reserva probable en el área de interés de explotación de 73.387 tn de arcilla caolinitica.

5.4 Elaboración el mapa geológico de superficie, para actualizar la cartografía regional del estado Bolívar

En mapa geológico, se realizó con la finalidad de actualizar la cartografía local del Hato Cañabral, con los resultados obtenidos del levantamiento geológico de superficie, se determinó que todos los sedimentos son pertenecientes a la Formación Mesa, localizada en una zona de planicie donde se depositan las arenas, limo y arcilla; provenientes de la disgregación de los afloramientos rocosos de granitos gnéisicos, cuarcitas y vetillas de cuarzo del Complejo Geológico de Imataca. A continuación, se presenta el mapa geológico de superficie (Figura 5.8). Anexo 2

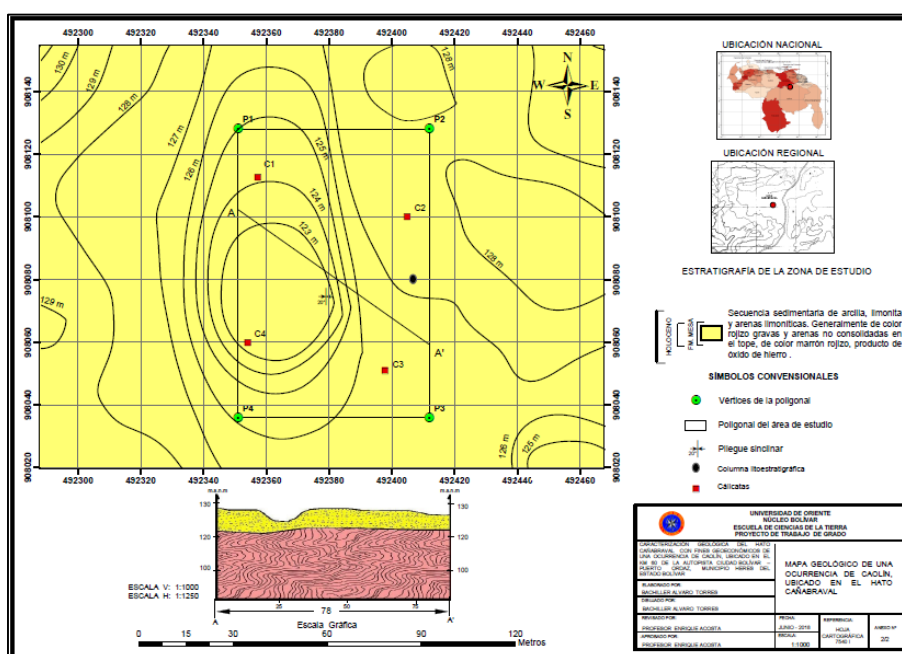


Figura 5.8 Mapa geológico de superficie del sector con poligonal cerrada de la zona de estudio

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En un lote de terreno del hato Cañabral, lugar de interés para la explotación, acarreo y comercialización de arcilla caolinitica, el área se encuentra estrechamente asociados con granito de la encrucijada: monzonita cuarcifera, algo maciza, rosada, biotítica, de grano medio a grueso, porfirítica, con algunas inclusiones de composición granodioritas que a través de procesos lateríticos y saprolíticos han originaron secuencia sedimentaria de arcilla, limolitas y arenas limolíticas, bien estratificadas, macizas a laminadas generalmente de color rojizo gravas y arenas no consolidadas en el tope, de color marrón rojizo, por el óxido de hierro.

La arcilla caolinitica es de origen residual, asociado a gneises cuarzo feldespático y granulíticos del Complejo Geológico de Imataca, producto de la descomposición de los feldespatos a través del proceso de caolinización.

Como resultado de los ensayos químicos, las muestras presenta alto contiene de SiO_2 obtenido se debe a la presencia de fragmentos de cuarzo; sin embargo, el contenido de Fe_2O_3 , y otras impurezas está por debajo del 3%, lo cual es un buen indicio de que la calidad del caolín aumenta si las muestras son extraídas a mayor profundidad.

El área de estudio en su parte superior presentan una granulometría de arena no consolidada de grano finos a medios sin presencia de gravas, limos y arcillas de colores blanquecinos con tonos rosados s decir moteado tipo SP según S.U.C.S, en su parte inferior existe una mezcla de arenas con arcilla con plasticidad, tipo SC, la cual denominados “arcillas caoliniticas” y material de interés para la explotación, sin presencia de gravas manteniendo una coloración más blanquecina y de consistencia dura

A través de software especializado de Sistema de Información Geográfica (GIS) se elaboró el mapa topográfico con la ayuda de la hoja cartográfica 7540 I SE de 1970 de Cartografía Nacional emitida por el extinto Ministerio de Obras Públicas, ahora Ministerio del Poder Popular de Obras Públicas (MPPO), se construyeron las curvas de nivel cota entre de 140 a 180 msnm y se replantea una poligonal cerrada con una superficie de 5.618m^2 . La reserva probable de arcilla caolinitica es de 28.226 m^3 con la altura promedio del talud de explotación 5,02 m.

En el estado Bolívar se maneja precio de arcilla caolinitica de 80.419 bolívares Soberano el metro cúbico, declarado en el Instituto Autónomo Minas Bolívar en el año 2018, con la reserva ante mencionada del área de interés se deberá evaluar la inversión, tasa de retorno y ganancia del proyecto minero no metálico.

El mapa geológico se realizó con la finalidad de actualizar la cartografía geológica local del Hato Cañabral, se determinó que todos los sedimentos son pertenecientes a la Formación Mesa, localizada en una zona de planicie donde se origina por meteorización físicas y químicas las arenas, limo y arcilla; proveniencia de la disgregación de los afloramientos rocosos de granitos gnéisicos, cuarcitas y vetillas de cuarzo del Complejo Geológico de Imataca.

Recomendaciones

Realizar perforaciones profundas para obtener muestras de mayor pureza y determinar reservas probadas.

Repetir los ensayos físicos al menos tres veces, para confirmar el material que se está evaluando y calcular el índice de plasticidad (IP) a las muestras.

Ejecutar análisis químicos de las muestras en diferentes laboratorios para confirmar la confiabilidad de los resultados obtenidos y otras características fisicoquímicas que condicionan su calidad y uso, como brillo, viscosidad, absorción, cono pirométrico equivalente, entre otras.

Elaborar un estudio de factibilidad Técnico-Económico-Ambiental, para determinar la sustentabilidad económica de una futura explotación del caolín.

Programar un plan de perforaciones mediante mallado, que abarque la zona evaluada y la zona de planicie. Para este programa de evaluación geológica se debe utilizar un equipo de roto percusión con punta de diamante, para conocer los verdaderos espesores de los depósitos localizados y el contacto de la zona de caolín con la roca fresca.

REFERENCIAS

Arias, F. (2006) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, INTRODUCCIÓN CIENTÍFICA**. Caracas: Editorial Episteme. pp 24; 25; 27.

Ascanio, G. (1975) **EL COMPLEJO DE IMATACA EN LOS ALREDEDORES DEL COMPLEJO CERRO BOLIVAR**. Venezuela. Conferencia Geológica Inter-Guayanas X, Belem-Pará, Brasil, Noviembre, 1975, Memoria: pp 181 – 179.

Balestrini, M. (2006) **CÓMO SE ELABORA UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. BL consultores asociados. Servicio Editorial. Caracas, Venezuela.

Bartolomé, J. (1997) **BOLETÍN DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CERAMICA Y VIDRIO**. Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM), CSIC, Cantoblanco-28049 MADRID.19 de mayo de 2016, [<http://boletines.secv.es/upload/111222333.199736007.pdf>].

Corporación Venezolana de Guayana Técnicas Mineras (C.V.G TECMIN) C.A. (1991) **INFORME DE AVANCE DE LA HOJA DE RADAR NB-20-2, TOMO II: CLIMA, GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS Y VEGETACIÓN**. Ciudad Bolívar – Venezuela. pp. 634 -637,643 - 647,684 - 685, 902 - 905, 919, 942 - 943.

Danhke, G.L. (1989) **INVESTIGACIÓN Y COMUNICACIÓN**, Editorial Mcgraw Hill. Mexico D.F, P 385.

Garcia R., E, Suárez B., M (2001) **“LAS ARCILLAS: PROPIEDADES Y USOS”** [<http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/Arcillas.htm>]

García, María. y Bastardo, Eizon (2017). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LOS DEPÓSITOS DE ARENA PRESENTE EN UNA SECCIÓN DEL CAÑO CHIRERE CON FINES COMERCIALES, MUNICIPIO CARONÍ DEL ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente. Trabajo de grado. Escuela de Ciencias de la Tierra. Bolívar. pp. 60-85.

Hernández, Fernández. y Batista. (2003) **METODOLOGIA 02**. <http://www.BLOGSPOT.COM/P/OPERALIZACION-DE-VARIABLES.HTM> 11/11/2016.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Inameh) (2015) **BOLETIN MENSUAL METEOROLÓGICO**. 03 de junio de 2019. [<http://www.inameh.gob.ve>].

Mendoza, V. (2005) **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU**

RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO). Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar, Venezuela. pp 46, 47, 49, 160- 170, 223.

Sabino, C., (1992) (2005). **PROCESO DE INVESTIGACIÓN.** Editorial Panapo, Caracas, Venezuela, pp 57- 61, 87. 9.

Sanguinetti, G. (1992) **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA PLANTA REFINADORA DE CAOLÍN.** Ciudad Guayana, pp 22, 26.

Tarbut, Edward. y Lutgens, Frederick (2004) **CIENCIAS DE LA TIERRA – INTRODUCCION A LA GEOLOGÍA FÍSICA.** Madrid 2010, 8 va edición.

APÉNDICES

APÉNDICE A
ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS

A.1 Ensayo granulométrico, muestra N° 1

ENSAYO GRANULOMETRICO ASTM C-117-95

PROYECTO: Caracterización Geológica del Hato Cafabral con Fines Geoconómicos de una Ocurrencia de Caolín.						Fecha: 21/07/2018
UBICACIÓN: Km 60 de la Autopista Ciudad Bolívar - Puerto Ordaz, Municipio Hueso del Estado Bolívar						MUESTRA N° 1 PROFUNDIDAD 1,10 m.
REALIZADOR POR: Br. Alvaro Jesús Torres Requena. C.I: 22.849.153						

		DESIGNACIÓN DEL TAMIZ	PESO RETENIDO AUMENTADO (g)	% DE RETENIDO	% DE PASANTE	PESO TOTAL MUESTRA (PTM) 500,0 g
TAMIZADO USANDO EL PTM	PIEDRA	4"				
		3"				
	GRAVA	2 1/2"				
		2"				
		1 1/2"				
		1"				
		3/4"				
		1/2"				
		3/8"				
		1/4"				
ARENA	GRUESA	Nº 4	4,0	0,8	99,2	HUMEDAD HIGROSCOPICA PESO HUMEDO W1 = 500,0 g PESO EN HORNO W2 = 500,0 g FACTOR F1 = W2 / W1 = 1,000 PESOS PARA EL ENSAYO SUELO HUMEDO W3 = 500,0 g SUELO SECO W4 = F1 x W3 W4 = 500,0 g FACTOR F2 = W / W4 = 0,108
		Nº 6				
	MEDIA	Nº 10	20,0	4,0	96,0	
		Nº 20	90,4	18,1	81,9	
		Nº 30				
		Nº 40	230,5	46,1	53,9	
		Nº 50				
		Nº 60	362,1	72,4	27,6	
		Nº 100	410,4	82,1	17,9	
		Nº 200	494,3	98,9	1,1	

Denominación	% Fino
Piedra	0,0
Grava Gruesa	0,0
Grava Fina	0,0
Arena Gruesa	3,2
Arena Media	41,8
Arena Fina	53,1
Pasa # 200	1,1

OBSERVACIONES: U.S.C.S SP ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS SIN GRAVA, SIN PRESENCIA DE MATERIAL FINO
ARENA DE COLOR PARDOS CLAROS DE CONSISTENCIA SUELTA.

Aprobado por:

Ing. Jose Cañas
C.I.V: 287.441

A.2 Ensayo granulométrico muestra N° 2

ENSAYO GRANULOMETRICO ASTM C-117-95

Fecha: 21/07/2018

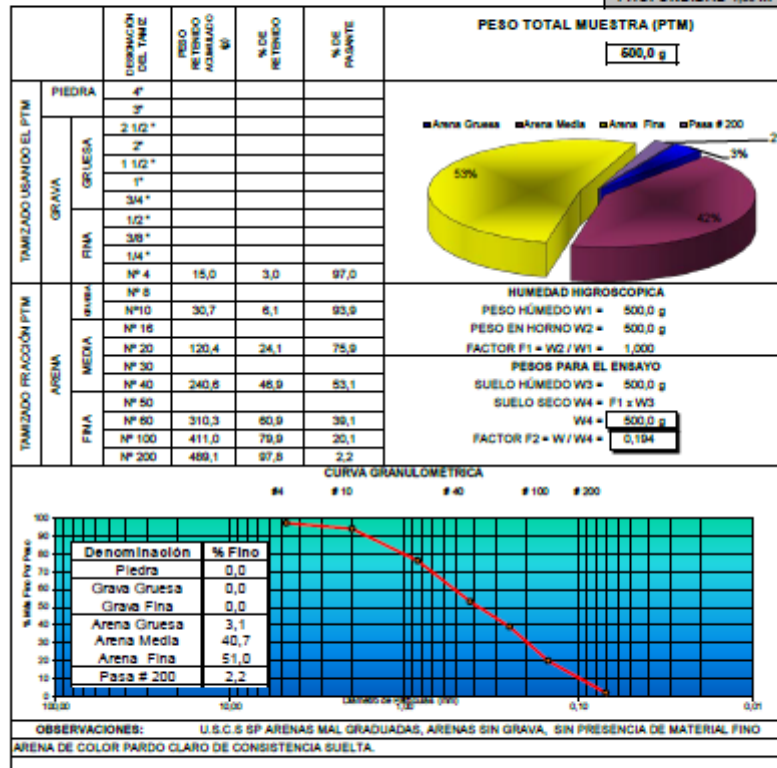
PROYECTO: Caracterización Geológica del Halo Cafabral con Fines Geoeconómicos de una Ocurrencia de Caolín.

UBICACIÓN: Km 60 de la Autopista Ciudad Bolívar - Puerto Ordaz, Municipio Hueso del Estado Bolívar

REALIZADOR POR: Sr. Alvaro Jesús Torres Requena, C.I.: 22.849.153

MUESTRA N° 2

PROFUNDIDAD 1,60 m



Aprobado por:

Ing. Jose Cañas
C.I.V. 287.441

A.3 Ensayo granulométrico, muestra N° 3

**ENSAYO GRANULOMETRICO
ASTM C-117-95**

Fecha: 21/07/2018

PROYECTO: Caracterización Geológica del Hato Cafabral con Fines Geoeconómicos de una Ocurrencia de Cadón.

UBICACIÓN: Km 60 de la Autopista Ciudad Bolívar - Puerto Ordaz, Municipio Heras del Estado Bolívar

REALIZADOR POR: Dr. Alvaro Jesús Torres Requena, C.I. 22.849.153

MUESTRA N° 3
PROFUNDIDAD 2,0 m

		CLASIFICACIÓN DEL TAMAÑO	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% DE RETENIDO	% DE PASANTE	PESO TOTAL MUESTRA (PTM) 600,0 g	
TAMIZADO USANDO EL PTM	PIEDRA	4"					
	GRAVA	GRUESA	2 1/2"				
		GRUESA	2"				
		GRUESA	1 1/2"				
		GRUESA	1"				
		GRUESA	3/4"				
		GRUESA	1/2"				
		GRUESA	3/8"				
		GRUESA	1/4"				
	TAMIZADO POR CIERRE PTM	ARENA	GRUESA	Nº 4	10,7	2,1	
ARENA		GRUESA	Nº 8				
		GRUESA	Nº 10	19,0	3,8	96,2	
		GRUESA	Nº 16				
		GRUESA	Nº 20	85,1	13,0	87,0	
		GRUESA	Nº 30				
		GRUESA	Nº 40	163,1	32,0	68,0	
		GRUESA	Nº 50				
		GRUESA	Nº 60	236,9	46,8	53,4	
ARENA		FINA	Nº 100	311,2	61,0	39,0	
	FINA	Nº 200	394,1	78,8	21,2		

CURVA GRANULOMETRICA

Denominación	% Fino
Piedra	0,0
Grava Gruesa	0,0
Grava Fina	0,0
Arena Gruesa	1,6
Arena Media	28,2
Arena Fina	46,8
Pasa # 200	21,2

OBSERVACIONES: U.S.C.S SC Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla. Suelo con partículas gruesa con fino

Aprobado por:
Ing. Jose Cañas
C.I.V. 287.441

A.4 Ensayo granulométrico, muestra N° 4

ENSAYO GRANULOMETRICO ASTM C-117-95

Fecha: 21/07/2018

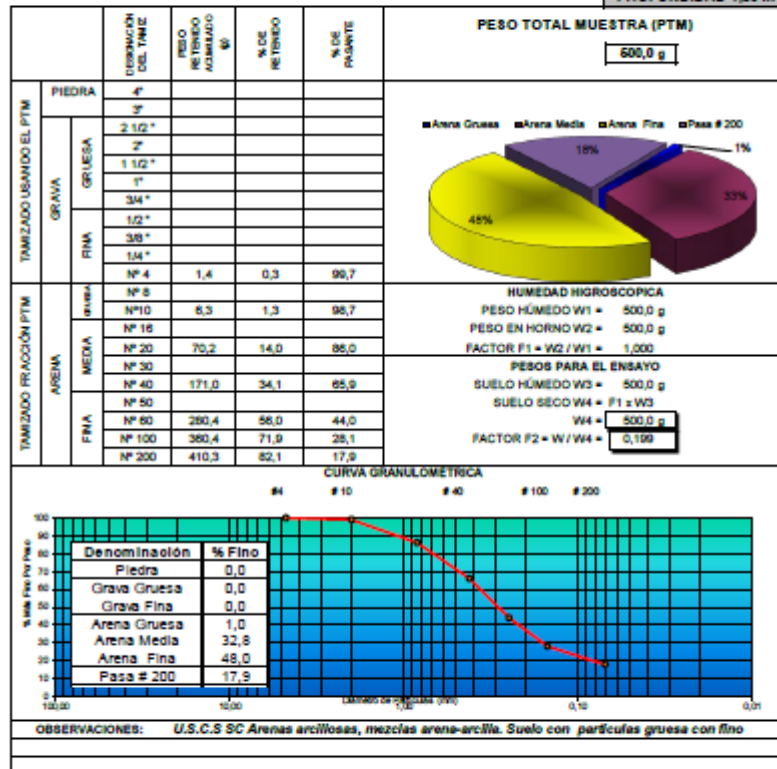
PROYECTO: Caracterización Geológica del Hato Cafabral con Fines Geoeconómicos de una Ocurrencia de Caolín.

UBICACIÓN: Km 60 de la Autopista Ciudad Bolívar - Puerto Ordaz, Municipio Heres del Estado Bolívar

REALIZADOR POR: Sr. Alvaro Jesús Torres Requena. C.I: 22.849.153

MUESTRA N° 4

PROFUNDIDAD 1,80 m



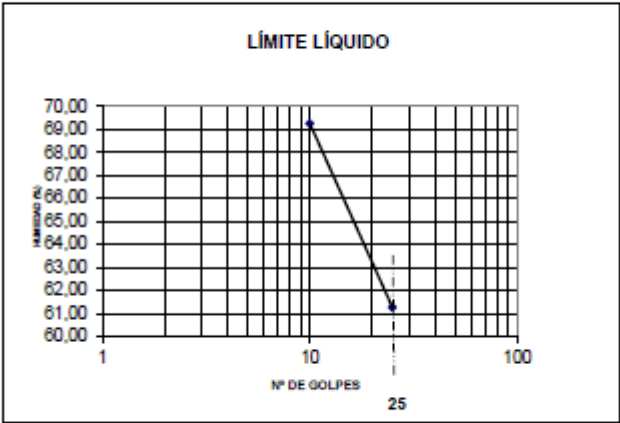
Aprobado por:

Ing. Jose Cañas
C.I.V: 267.441

APÉNDICE B
LÍMITES DE CONSISTENCIAS

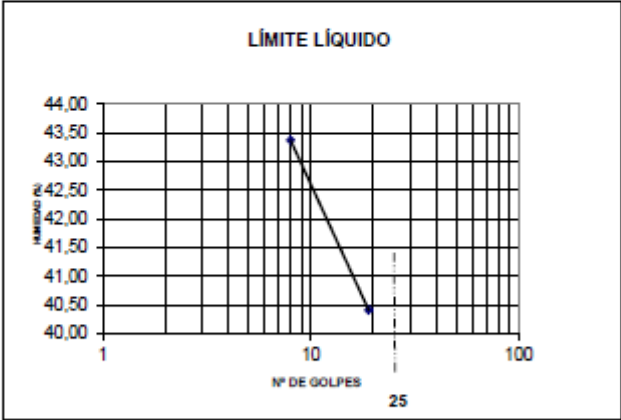
B.1 Límites de consistencias, muestra N° 3

OBRA:	Carreterización Geotécnica del Vial Cabaiguán con Fases Geotécnicas de una Comunidad de Ceibo.				
SITUACIÓN:	Km 80 de la Autopista Ciudad Bolívar – Puerto Ordaz, Municipio Yareta del Estado Bolívar.				
PERFORACIÓN:	CALICATA Nº M3				
LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
Nº DE CAIDAS	25	10			
Nº DE CÁPSULA	1	2		1	2
W _{th} , gr	74,4	65,13		39,13	41,26
W _{ts} , gr	58,9	65,27		38,59	40,01
W CÁPSULA	33,6	36,59		36,79	36,27
W _w	15,5	19,86		0,54	1,25
W SECO , gr	25,3	28,68		1,8	3,74
w , (%)	61,26	69,25		30,00	33,42
	61	62			
LL:	61,7	LP:	31,7	IP:	29,9



B.2 Límites de consistencias, muestra N° 4

OBRA:	Carreterización Geológica del Valle Cafetalero con Fines Geosocioeconómicos de una Comarca de Cacao.							
SITUACIÓN:	Km 60 de la Autopista Ciudad Bolívar - Puerto Ordaz, Municipio Iriarte del Estado Bolívar.							
PERFORACIÓN:	CALICATA N° 44							
LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO				
Nº DE CAIDAS	19	8			1	2		
Nº DE CÁPSULA	1	2						
W _{th} , gr	79,15	64,78			43,12	41,76		
W _{ts} , gr	66,74	54,97			41,8	40,95		
W CÁPSULA	36,03	32,35			36,36	37,75		
W w	12,41	9,81			1,32	0,81		
W SECO , gr	30,71	22,62			5,44	3,2		
w , (%)	40,41	43,37			24,26	25,31		
	39	38						
LL:	38,5		LP:	24,8		IP:	13,7	



APÉNDICE C
ANÁLISIS QUÍMICOS

C. 1 Resultados de análisis químicos



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NUCLEO DE BOLIVAR
ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA
CENTRO DE GEOCIENCIAS

Solicitante: ALVARO JESUS, TORRES REQUENA

Muestra: Arcilla

Lugar: Hato Cañaveral, Autopista Ciudad Bolívar - Pto Ordaz, Municipio Heres

Fecha: 01 / Junio / 2018

RESULTADOS DE ANALISIS

N° Muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ca O	Mg O	Na ₂ O	K ₂ O	Mn O ₂	Unidades
M- 01	47.02	31.12	0.75	0.18	0.14	0.13	0.06	0.10	%
M- 02	47.12	30.89	0.89	0.17	0.13	0.11	0.09	0.08	%


Qim. Isidro Farias

Analista Centro de Geociencias


Prof. Francisco Monteverde

Director de la Escuela Ciencias de la Tierra

ANEXOS

