



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE GEOLÓGIA
COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO
TRABAJO DE GRADO**

**“ESTUDIO GEOLÓGICO DE LAS ZONAS CON POTENCIALES
DE CHARNOCKITA CON FINES DE MINERÍA ARTESANAL EN
EL SECTOR PEAJE DE CIUDAD ORINOCO, EL TIGRE,
MUNICIPIO INDEPENDENCIA ESTADO ANZOÁTEGUI”**

**PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES KEVIN
CAMAYAGUAN Y RONAL
VIDAL PARA OPTAR AL
TÍTULO DE GEÓLOGO E
INGENIERO GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, NOVIEMBRE DEL 2024



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

ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, titulado: “**ESTUDIO GEOLÓGICO DE LAS ZONAS CON POTENCIALES DE CHARNOCKITA CON FINES DE MINERÍA ARTESANAL EN EL SECTOR PEAJE DE CIUDAD ORINOCO, EL TIGRE, MUNICIPIO INDEPENDENCIA ESTADO ANZOÁTEGUI**”; Presentado por los bachilleres: **RONAL ANTONIO VIDAL MONGUE Y KEVIN DE JESÚS CAMAYAGUAN MARTÍNEZ**. Cédulas de identidad **V-21.577.318 y V-25.963.450** respectivamente, para optar al título de Ingeniero Geólogo y Geólogo, ha sido **APROBADO**, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre : Firma:

Profesor: Jorge Abud

(Asesor)

Profesor: Edixon Salazar

(Jurado)

Profesor: Félix Martínez

(Jurado)

Profesor Francisco Monteverde
Director de la Escuela de Ciencias de
la Tierra

Prof. (a) Rosario Rivadulla
Jefe del Departamento de
Geología

Ciudad Bolívar, ____ de _____ 2024

Jefe del Departamento de Geología

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios todo poderoso por darme la vida, por su inmenso amor, por su misericordia por su paz, por darme paciencia, a nuestro señor Jesús cristo por darme sabiduría y ayudarme a cumplir esta meta Se lo dedico a mis padres Yudith Mongue y Eduardo Vidal porque me apoyaron para que yo fuese alguien en la vida y decido honrarlos, valió la pena escucharlo, ellos siempre estuvieron pendiente de mi dándome apoyo.

Se lo dedico a mis hermanos Jhan Carlos Vidal y Marilyn Vidal como a Mis abuelas Carmen Duerto y Luisa Martínez ya que ellas siempre me dieron muchos consejos, desde niño que estudiara y avanzara en esta carrera... GRACIAS!!!

RONAL VIDAL

DEDICATORIA

Primeramente a Dios padre celestial por permitirme cumplir esta meta, a mis padres por todo su amor, confianza, sabios consejos que han formado parte esencial de mi educación, por ser siempre la fuente de energía que tengo y por apoyarme en todo momento.

A la Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, específicamente a la Escuela de Ciencias de la Tierra, que a través de su organización docente y técnica me proporcionó los conocimientos necesarios para desarrollarme como profesional.

Al Profesor Jorge Abud, por su valiosa colaboración en el asesoramiento de este trabajo.

Al resto de mi familia que de una u otra manera me ayudaron en la trayectoria para alcanzar esta meta, a todos GRACIAS.

KEVIN CAMAYAGUAN

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios, primeramente, por cuidarme la vida y salud y la energía necesarias para darme salud y las energía necesarias para culminar mis metas, siendo esta la más anhelada la cual es obtener el título, como ingeniero geólogo.

A la universidad de oriente, extensiva a los profesionales que allá laboran, por la formación académicamente, mi etapa como estudiante fue un crecimiento único y me siento orgulloso de ser parte de esta casa de estudio.

A mi madre que hizo el rol de padre y madre a la vez que me apoyo económica y emocionalmente

. A mis compañeros que estuvieron en todo momento apoyándome con sus conocimientos GRACIAS.

RONAL VIDAL

AGRADECIMIENTO

Antes que nada debo agradecer a mi Padre Celestial, por estar siempre a mi lado, por cuidarme, protegerme, permitiéndome cumplir esta meta tan anhelada, al igual que a mi familia que estuvo alentándome en todo momento, dándome su apoyo y a quienes les debo lo que soy, detrás de cada logro mío están ustedes, sin ustedes nunca podría haberlo alcanzado, también debo dar las gracias a nuestra casa de estudio la Universidad de Oriente y al cuerpo de profesores de la Escuela de Ciencias de la Tierra, por formarme profesionalmente, especialmente al profesor Jorge Abud quien es mi tutor de tesis y a la profesora Ana Bandini quien nos prestó apoyo en la parte práctica de la misma y a mis compañeros y amigos que estuvieron junto a mí, desde el principio hasta el final de la carrera. GRACIAS

KEVIN CAMAYAGUAN

RESUMEN

El área de estudio se encuentra ubicada en el municipio independencia estado Anzoátegui en el peaje de Ciudad Orinoco El Tigre, el objetivo general de esta investigación es estudiar geológicamente las zonas con potenciales en Charnockitas con fines de minería artesanal en el Sector Peaje De Ciudad Orinoco El Tigre Municipio Independencia Estado Anzoátegui. La metodología de investigación se definió según los objetivos planteados, siguiendo un tipo de investigación descriptiva debido a que se describen y analizan las características del sitio de interés, con un diseño de investigación de campo lo que permitió obtener los datos directamente de la fuente. La población que se tomara en cuenta corresponde a toda el área que conforma el sector Zona Peaje De Ciudad Orinoco El Tigre Municipio Independencia Estado Anzoátegui y las muestras estarán representadas por 5 estaciones dispuestas por la zona, se logró realizar un reconocimiento en campo en el cual se observó afloramientos ígneos-metamórficos pertenecientes a la provincia geológica de Imataca, sedimentos de la formación mesa, en el área se obtuvieron muestras de charnockitas a las cuales le realizamos el análisis petrológico el cual nos dio un porcentaje de pertita (50%), cuarzo (25%), Hipersteno (10%), Diópsido (5%), Plagioclasas Sódica (5%), esfena, apatito, Microclina, Circón y Opacos (5%), lo cual según el análisis microscópico nos dice que es una roca dura, masiva de grano medio, holocristalina, fanerítica y de color gris verdoso oscuro dada que todas la zona está compuesta de charnockitas podemos decir que el afloramiento es homogéneo.

CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vi
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE ANEXOS	xvii
LISTA DE TABLAS	xviii
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I.....	3
SITUACION 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	5
1.4 Limitaciones	5
1.5 Alcance de la investigación	5
CAPITULO II.....	7
GENERALIDADES	7
2.1 ubicación geográfica del área de estudio.....	7
2.1.1 Accesibilidad al área de estudio	9
2.2 Características físicas y naturales del área de estudio	9
2.2.1 Clima	9
2.2.1.1 precipitaciones	11
2.2.1.2 Evaporación	12
2.2.1.3 Temperatura media del aire	14

2.2.1.4 Humedad relativa media anual	16
2.2.2 Vegetación	19
2.2.2.1 La sabana herbácea con elementos leñosos	20
2.2.2.2 Vegetación de sabana tropical	22
2.2.3 Suelos.....	22
2.2.4 Fauna	25
2.3 Geología regional y local.....	27
2.4 Características geológicas.....	29
2.4.1 Provincia geológica de Imataca (precámbrico temprano).	31
2.4.2 Formación Mesa	33
2.5 características geomorfológicas.....	40
CAPITULO III	42
MARCO TEORICO	42
3.1 Antecedentes de la investigación.....	42
3.2 Bases teóricas.	42
3.3 Rocas ígneas.	43
3.3.1 El magma.....	45
3.3.2 Minerales formadores de las rocas ígneas	48
3.3.3 formación o modo de yacimiento de las rocas ígneas.	53
3.3.4 Clasificación de las rocas ígneas.	55
3.4 Rocas metamórficas.....	56
3.5 Metamorfismo.	57
3.5.1 Tipos de metamorfismo.....	58
3.5.1.1 Metamorfismo de contacto	59
3.5.1.2 Metamorfismo regional	59
3.6 Tipos de metamorfismo	61
3.6.1 Metamorfismo por soterramiento.	61
3.6.2 Metamorfismo orogénico o metamorfismo regional.	61
3.6.3 Metamorfismo de los lomos oceánicos.	62
3.6.4 Metamorfismo cataclástico.....	62

3.7 Facies metamórficas.	63
3.7.1 series de muy bajo grado.	64
3.7.1.1 Facies de la zeolita y lawsonita	64
3.7.1.2 Facies de los esquistos azules	65
3.7.2 Series de bajo grado.....	65
3.7.2.1 Facies de los esquistos verdes	65
3.7.3 Series de grado medio.....	65
3.7.3.1 Facies de la anfibolita	65
3.7.4 Series de grado alto.....	66
3.7.4.1 Facies de la granulita	66
3.8 facies del metamorfismo de contacto.	66
3.8.1 Eclogitas	66
3.9 Texturas de las rocas metamórficas.....	67
3.9.1 Forma y distribución del tamaño de los cristales.	67
3.9.2 Microestructuras.	69
3.10 Composición mineralógica de las rocas metamórficas.....	71
3.11 Clasificación de las rocas metamórficas.....	73
3.12 Características de las rocas metamórficas.	76
3.12.1 Esquistos.....	76
3.12.2 Pizarra.....	76
3.12.3 Gneis.....	77
3.13. Formación de roca metamórfica según el ciclo de las rocas.	77
3.14 Charnockita.....	79
3.14.1 Minerales de la charnockita.....	80
3.14.2 Textura de las charnockitas.	81
.....	82
3.14.3 Usos de las charnockitas.....	82
3.15 Rocas ornamentales y sus usos.....	82
3.15.1 Produccion de las rocas ornamentales.....	85
3.16 Cantera.....	88

3.17 Meteorizacion	89
3.17.1 Meteorizacion mecanica.	89
3.17.1.1 Gelifracción o fragmentación por hielo	91
3.17.1.2 Descompresión	91
3.17.1.3 Expansión térmica	92
3.17.1.4 Actividad biológica.	92
3.17.2 Meteorizacion quimica.	93
3.17.2.1 Disolucion.	94
3.17.2.2 Oxidacion.	94
3.17.3 Hidrolisis.	95
3.18 Saprolita.	95
3.19 Macizos rocosos.	96
3.20 petrografia.	96
3.20.1 Analisis petrografico.	96
3.20.2 Seccion delgada.	97
3.21 Análisis granulométrico.	97
3.22 Suelos.	98
CAPITULO IV	100
METODOLOGÍA DEL TRABAJO	100
4.1 Tipo de investigación.	100
4.2 Diseño de la investigación.	100
4.2.1 Investigación documental	101
4.2.2 Investigación de campo	101
4.3 Población de la investigación	102
4.4 Muestra de la investigación	102
4.5. Revisión bibliográfica y cartográfica de los antecedentes geológicos del área	105
4.6 identificar las unidades geológicas en el área de estudio	105
4.6.1 Levantamiento topográfico del área de estudio	106
4.6.2 Levantamiento geológico del afloramiento	107

4.7 Recolecciones de muestras	108
4.7.1 Elaboración de las calicatas	109
4.7.2 recolección de muestras del suelo las calicatas.	110
4.8 Análisis granulométrico del suelo	111
4.9 Análisis petrográficos de las muestras de rocas	113
4.9.1 Preparación de secciones delgadas	114
4.9.2 La esquirra mineral	114
4.9.3 Corte de la esquirra hasta una sección delgada.....	116
4.10 Elaboración de los mapas geológicos del área	119
CAPITULO V	122
ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS DATOS	122
5.1 Identificación de las unidades geológicas presentes en el área de estudio	122
5.1.1 Provincia geológica de Imataca	123
5.1.2 Formación mesa.....	123
5.1.3 Sedimentos del reciente.	123
5.2 Análisis de la geomorfología presente en el área de estudio.	124
5.3 Análisis de la granulometría presente en el área de estudio.	125
5.3.1 granulometría de la calicata o columna 1	127
5.3.1.1 Granulometría de la columna 1	127
5.3.2 Granulometría de la calicata o columna 2	134
5.4 Análisis petrográfico de las rocas presentes en el área de estudio	140
5.4.1 muestras de manos.....	140
5.4.2 Análisis petrográfico de la muestra M-1	142
5.5 Elaboración del mapa geológico del área zona peaje de ciudad Orinoco, el tigre municipio independencia estado Anzoátegui.	147
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	152
Conclusiones.....	152
Recomendaciones:	154
ANEXOS	155
REFERENCIAS	158

HOJAS DE METADATOS.....	160
-------------------------	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.2 Comparación de la precipitación mm de los periodos 2012-2013 (Servicios de meteorología de la aviación Ciudad Bolívar; 2014).....	12
Figura 2.3 Comparación de la evaporación de los periodos 2006-2007 (Servicios de meteorología de la aviación Ciudad Bolívar).....	14
Figura 2.4 Comparación de la temperatura °C de los periodos 2012-2013 (Servicio de meteorología de la aviación Ciudad Bolívar 2014).....	16
Figura 2.5 Comparación de la Humedad relativa de los periodos 2006-2007 (Servicios de Meteorología de la Aviación Ciudad Bolívar 2014)	18
Figura 2.6 Vista panorámica del camino al área de estudio.....	20
Figura 2.7 Mapa de la Ubicación de la Cuenca Oriental Venezuela (Betancourt, O.2003)	27
Figura 2.8 Mapa de la Formación Mesa PDVSA-Intervep (1999-2001).....	33
Figura 3.1 Diferenciación magmática (Fort, P. 1997).	48
Figura 3.2 Clasificación de las rocas ígneas en composición de la textura y composición química (Rollinson, H. 2015).....	50
Figura 3.3 Serie de Bowen, (Universidad Autónoma de Madrid, 2007).	52
Figura 3.4 Ambientes de formación de rocas ígneas (Fort, P. 1997).....	54
Figura 3.5 tipos de metamorfismos. (Anumancin, R y Rivas M (2007).	60
Figura 3.6 diferentes facies metamórficas de las rocas, según a la temperatura y presión que sean sometidas (Anumancin, R y Rivas M (2007).....	64

Figura 3.7 Microestructuras (Anumancin, R y Rivas M (2007).	70
Figura 3.8 Composición mineral. (Anumancin, R y Rivas M (2007).....	77
Figura 3.9 Ciclo de formación de las rocas. (Anumancin, R y Rivas M (2007).....	78
Figura 3.10 Charnockita (turnstone 2011) (https://turnstone.ca/charnock.htm).....	79
Figura 3.10 donde se puede apreciar la textura granoblástica de la charnockita y sus minerales (Wikipedia 2011) (https://es.wikipedia.org/wiki/Charnockita).....	82
Figura 3.11 La meteorización química puede ocurrir sólo en aquellas porciones de una roca que quedan expuestas a los elementos. La meteorización mecánica rompe la roca en fragmentos cada vez más pequeños, lo que aumenta el área superficial disponible para el ataque químico. (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).....	90
Figura 4.1 Flujograma de la metodología para la Investigación.....	104
Figura 4.2 levantamiento topográfico de la zona de interés.....	106
Figura 4.3 los GPS que se usaron para obtener las coordenadas UTM de la zona de interés	106
Figura 4.4 que muestra las saprolitas en el afloramiento de interés.....	107
Figura 4.5 que muestra a la vegetación arraigada en el afloramiento y las fracturas o diaclasas en el macizo rocoso.	108
Figurar 4.6 en la imagen de la izquierda se muestra como se perforo la roca para conseguir unas muestras frescas y en la de la derecha se muestran las muestras obtenidas.	109
Figura 4.7 donde se observa la calicata 1x1 en la cual se puede ver las divisiones de cada capa y los cambios en la litología que hay en cada capa.	110

Figura 4.8 donde se muestran los 500 gr de material obtenido del suelo ya embolsado y listo para ir al laboratorio.	111
Figura 4.9 toma de pesos de tamices.....	113
Figura 4.10 Sección delgada Muestra 1	119
Figura 4.11 utilizando el programa Google Earth 2022.....	120
Figura 4.12 Utilizando el programa Globber Mapper 2022.....	121
Figura 4.13 Utilizando el programa AutoCAD 2017.....	121
Figura 5.2 Imágenes de la calicata o columna 1 capa A	127
Figura 5.3 Imágenes de la calicata o columna 1 capa B	128
Figura 5.4 Imágenes de la calicata o columna 1 capa C	128
Figura 5.5 Curva Granulometrica de la muestra de la calicata 1 capa A	130
Figura 5.6 Curva Granulometrica de la muestra de la calicata 1 capa B	132
Figura 5.7 Curva granulometrica de la muestra de la calicata 1 capa C	134
Figura 5.8 Imágenes de la calicata o columna 2 capas A.....	135
Figura 5.9 Imágenes de la calicata o columna 2 capas B.....	135
Figura 5.10 Curva Granulometrica de la muestra de la calicata 2 capa A	137
Figura 5.11 Curva Granulometrica de la muestra de la calicata 2 capa B	139
Figura 5.12 Primera muestra de Roca.....	140
Figura 5.13 Segunda muestra de roca	141
Figura 5.14 Tercera muestra de roca.....	141
Figura 5.15 Muestra de Roca Numero 1	142
Figura 5.16 Microfotografía 1	143

Figura 5.17 Microfotografía 2.....	144
Figura 5.18 Microfotografía 3.....	145
Figura 5.19 Mapa Topográfico de la zona Peaje de Ciudad Orinoco, El Tigre Municipio Independencia Estado Anzoátegui	148
Figura 5.20 Mapa Geológico Estructural de la zona Peaje de Ciudad Orinoco, El Tigre Municipio Independencia Estado Anzoátegui.	149
Figura 5.21 Corte Transversal del Afloramiento con dirección Oeste, este.	151

LISTA DE ANEXOS

MAPA TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE LA ZONA PEAJE DE CIUDAD ORINOCO EL TIGRE MUNICIPIO INDEPENDENCIA ESTADO ANZOATEGUI	155
MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA PEAJE DE CIUDAD ORINOCO EL TIGRE MUNICIPIO INDEPENDENCIA ESTADO ANZOATEGUI.....	156
CORTE ESTRUCTURAL DEL MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA PEAJE DE CIUDAD ORINOCO EL TIGRE MUNICIPIO INDEPENDENCIA ESTADO ANZOATEGUI.....	157

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Coordenadas UTM de la Zona peaje Ciudad Orinoco el Tigre	8
Tabla 2.2 Resumen estadístico de la precipitación en mm (Servicio de Meteorología de la Aviación Ciudad Bolívar, 2014).	11
Tabla 2.3 Resumen estadístico de la evaporación en mm (Servicio de Meteorología de la Aviación de Ciudad Bolívar, 2014).	13
Tabla 2.4 Resumen estadístico de la temperatura en °C (Servicio de Meteorología de la aviación Ciudad Bolívar 2014).	15
Tabla 2.5 Resumen estadístico de la humedad relativa (Servicio de Meteorología de la Aviación de Ciudad Bolívar)	17
Tabla 2.6 Distribución de la fauna vertebrada presente en el área. Ojasti, 1987. Fauna del sur de Anzoátegui (Arcila, D. y Suarez, F. 2010)	26
Tabla 3.1 Clasificación de las rocas ígneas según el índice de color y textura (Clasificación de las rocas ígneas en composición de la textura y composición química, 2015).	56
Tabla 3.2 series composicionales en función del grupo litológico-geoquímicos de rocas (Anumancin, R y Rivas M (2007)).....	72
Tabla 4.1 Ubicación de las coordenadas de los 5 puntos de muestreo	103
Tabla 5.1 Escala de tamaño de Wentworth para la selección de juegos de tamices .	126
Tabla 5.3 Tabla de la calicata 1 o columna 1 Capa “B”	131
Tabla 5.4 Tabla de la calicata 1 o columna 1 Capa “C”	133

Tabla 5.5 Tabla de la calicata 2 o columna 2 Capa "A"	136
Tabla 5.6 Tabla de la calicata 2 o columna 2 Capa "B"	138
Tabla 5.7 Minerales presentes y sus abundancias correspondientes	143

INTRODUCCION

El proyecto de esta investigación trata sobre un estudio geológico realizado en el sector Peaje de Ciudad Orinoco, El tigre Municipio Independencia Estado Anzoátegui la cual se encuentra ubicada en el sector sur del estado Anzoátegui, frente el peaje de ciudad Orinoco, el tigre al lado de la empresa refinadora de madera propulso C.A. se encuentra a unos 5.34 Km de la población de Ciudad Orinoco, este proyecto tiene como objetivo identificar la litología presente en dicha zona y realizar los estudios correspondientes para llegar a dichos resultados y así saber el tipo y calidad de roca que se encuentra en esta área y que uso se le puede dar a dicha roca.

La roca presente en la zona es La charnockita la cual se encuentra en la provincia geológica de Imataca ya que está compuesta de rocas ígnea-metamórfica esta tiene varios uso como roca ornamental pero generalmente suele utilizarse para la pavimentación, se usa en materiales de construcción, se pueden usar como laminas pulidas, se usa para decoración y suelen usarse con frecuencia en la elaboración de lapidas

El presente trabajo de investigación está estructurado de la siguiente manera:

Capítulo I situación a investigar: contiene el planteamiento del problema, objetivo general, objetivos específicos, justificación y el alcance de la investigación.

Capítulo II, se describen las generalidades, ubicación geográfica, vías de acceso, geología regional y características físicas y naturales de la zona a estudiar

Capitulo III Marco teórico: Presenta los Antecedentes de la investigación, las bases teóricas que lo sustentan.

Capitulo IV Metodología de trabajo: en este se describe el tipo de investigación, diseño de la investigación, población, muestra y la metodología que se implementó para el desarrollo de cada objetivo planteado en el trabajo de grado.

Capítulo V. Análisis e interpretación de los resultados

Por último se muestran las conclusiones y recomendaciones que fueron obtenidas a través del análisis de los objetivos programados, así mismo las referencias y anexos que complementan el proyecto.

CAPITULO I

SITUACION A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

Este estudio está enfocado en el uso de la Charnockita como roca ornamental ya que en la zona peaje de Ciudad Orinoco El Tigre, municipio independencia, estado Anzoátegui esta roca abunda, esta puede ser aprovechada para usos ornamentales, ya que la Charnockita tiene muchos uso en la industria de las rocas ornamentales, puede ser usada como material de relleno para construcción, como piedra de pavimento o roca picada, también es utilizado con frecuencia para la elaboración de lapidas. Este podría explotarse si se realizara una cantera de Charnockita lo cual generaría nuevas fuentes de empleos lo cual ayudaría a la economía del país.

A través de este estudio geológico en las zonas en el cual se encuentran potenciales en Charnockita en el sector peaje de Ciudad Orinoco El Tigre, Municipio Independencia, Estado Anzoátegui tiene como finalidad la de conocer la calidad de las rocas para hacer aprovechamiento de ellas con fines ornamentales.

1.2 Objetivos de la investigación.

1.2.1 Objetivo general

Estudiar geológicamente las zonas con potenciales de charnockita con fines de minería artesanal en el sector Peaje de Ciudad Orinoco, El Tigre, Municipio Independencia Estado Anzoátegui.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar las unidades geológicas del área en estudio.
- Identificar la geomorfología existente en las zonas de potenciales de Charnockita en el sector El Peaje de Ciudad Orinoco el Tigre.
- Analizar la granulometría del suelo presente en el área de estudio.
- Analizar petrográficamente las muestras de rocas para ser utilizadas como potencial ornamental.
- Elaborar el mapa geológico del área.

1.3 Justificación de la investigación

El siguiente trabajo interpretará y analizará las observaciones de campo obtenidas mediante el estudio geológico realizado en base a la prospección geológica de la zona

Debido al potencial que tiene el área en rocas de uso ornamental como lo es la Charnockita la cual abunda en dicha zona, se lleva cabo este estudio para determinar que esta zona es apta para una mina de uso ornamental o cantera, todo esto con base a los datos obtenidos en el trabajo de campo realizado mediante el estudio geológico de la zona.

1.4 Limitaciones

El factor que limitaría el desarrollo de esta investigación sería la escasa información bibliográfica de la zona de estudio.

1.5 Alcance de la investigación

En esta investigación se levantarán columnas estratigráficas para comparar e identificar la litología de la zona, se elaborarán calicatas para hacer un estudio de los suelos y saber la granulometría de los mismos, se hará un estudio de los afloramientos

rocosos para saber si son factibles económicamente, se planea usar los afloramientos rocosos que se encuentran en esta zona para usos ornamentales en la elaboración de una cantera.

CAPITULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El área de estudio está ubicada en el sector sur del estado Anzoátegui, frente el peaje de ciudad Orinoco, el tigre al lado de la empresa refinadora de madera propulso C.A.

El sector del peaje de ciudad Orinoco, el tigre se localiza en la jurisdicción del municipio independencia del estado Anzoátegui, a unos 5.34 km aproximadamente de la población de ciudad Orinoco. (Google Earth 2022)

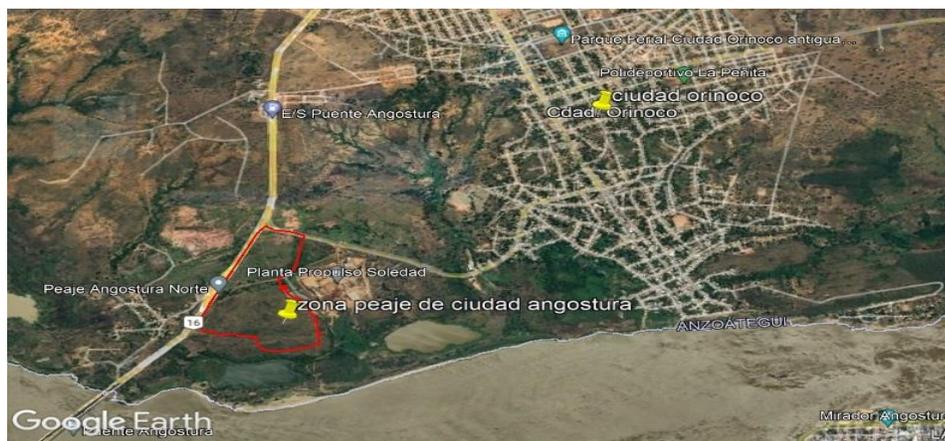


Figura 2.1 ubicación relativa de la zona peaje de ciudad Orinoco, el tigre (Google Earth Pro 2022).

La zona peaje de ciudad Orinoco el tigre abarca un área ubicada al sur del estado Anzoátegui municipio independencia, alcanza los 0.49 km², a unos 5.34 km aproximadamente de la población de ciudad Orinoco, se puede observar en la tabla 2.1 las coordenadas UTM de la zona de estudio.(Google Earth 2022)

Tabla 2.1 Coordenadas UTM de la Zona peaje Ciudad Orinoco el Tigre

	Norte	Este
1	902158	435443
2	902140	435640
3	902112	435711
4	902746	435558
5	902625	435589
6	902353	435796
7	901126	435785
8	901091	435495
9	901198	435415
10	901297	435013
11	901411	435082

La zona peaje de Ciudad Orinoco el Tigre tiene como límites; por el norte con la estación de servicios puente angostura; por el sur con el río Orinoco; por el este con Ciudad Orinoco y por el oeste con el peaje angostura norte y sus alrededores.

2.1.1 Accesibilidad al área de estudio

El acceso al área de estudio se realizó a través de carreteras, vías asfaltadas y caminos de tierras, aproximadamente desde ciudad bolívar hasta el peaje angostura norte hay se procede a acceder a la zona de estudio caminando por caminos de tierra el acceso puede ser desde propulso o desde el peaje angostura norte, ya que desde la refinadora de madera también se puede acceder desde el frente de esta.

2.2 Características físicas y naturales del área de estudio

2.2.1 Clima

Para la clasificación climática de la zona peaje de Ciudad Orinoco el Tigre municipio independencia estado Anzoátegui, se utilizaron los datos de las variables climatológicas registradas en la estación meteorológica de Ciudad Bolívar, ubicada en el aeropuerto de esa ciudad, sacadas de un trabajo realizado en zonas cercanas al área de estudio por ser esta la estación más cercana a la zona en estudio, aunque no pertenezca al estado Anzoátegui. Dicha estación es de tipo Cl 1 registra precipitación,

evaporación, temperatura, radiación, insolación, humedad relativa y velocidad media del viento), y es manejada por la Fuerza Armada Venezolana.

Según la clasificación climática propuesta Thornthwaite, C. (1948), el área de estudio presenta un clima seco, semiárido con poco o ningún exceso de agua, mega térmico o cálido, caracterizado por un período de lluvia y otro de sequía, bien definido, y menos de 48% de concentración de la eficiencia térmica en verano.

De acuerdo a la clasificación de Holdruffe, L. (1982) el área en su parte Sur pertenece al bioclima de Bosque tropical muy seco (Bms-T), con áreas de transición o tendencia al Bosque seco tropical (Bs-T), en donde las precipitaciones vanan entre 1 000 mm y 1.100 mm, la temperatura media oscila entre 26°C Y 27°C y la evaporación media anual supera los 2.000 mm

A continuación se describe el comportamiento de cada una de las variables climatológicas

2.2.1.1 Precipitaciones

Se presentará el registro climático, cuya precipitación data de los años 2012 y 2013 (2 años). Para el año 2012, la precipitación media anual es menor con respecto a la del año 2013. Presentándose las mayores precipitaciones en el mes de Agosto del año 2013, y en el mes de Agosto del año 2012. Esto se debe a que estos meses pertenecen al periodo de lluvia (Tabla 2.2 y Figura 2.4).

Tabla 2.2 Resumen estadístico de la precipitación en mm (Servicio de Meteorología de la Aviación Ciudad Bolívar, 2014).

MES	Año 2012	Año 2013
Enero	41.0 mm	26 6 mm
Febrero	22.3 mm	42 4 mm
Marzo	1.0 mm	0 1 mm
Abril	90.7 mm	145 8 mm
Mayo	214.7 mm	155 7 mm
Junio	122.2 mm	139 7 mm
Julio	167.3 mm	143 3 mm
Agosto	231.5 mm	292 5 mm
Septiembre	94.8 mm	40.4 mm
Octubre	25.5 mm	172.1 mm
Noviembre	7.3 mm	152.0 mm
Diciembre	16.3 mm	154.9 mm
Media. anual	86.21 mm	153.92 mm

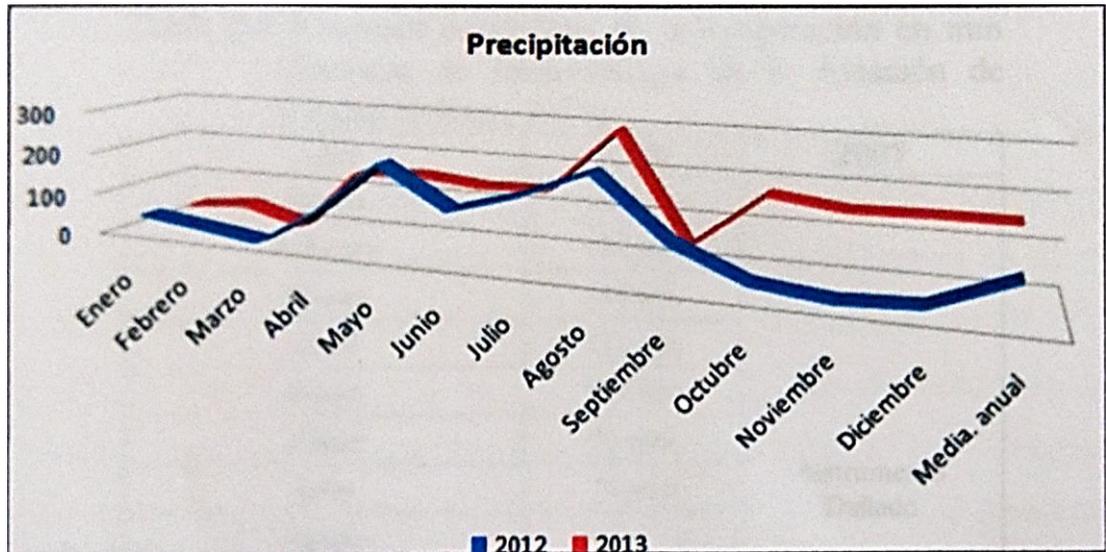


Figura 2.2 Comparación de la precipitación mm de los periodos 2012-2013 (Servicios de meteorología de la aviación Ciudad Bolívar; 2014)

2.2.1.2 Evaporación

La evaporación en la zona es bastante elevada durante todo el año, con los valores medio anual de 821 mm (año 2006). Los meses de mayor evaporación son Marzo, Abril y Mayo, lo cual se debe a las altas temperaturas, la mayor cantidad de horas de brillo solar, baja humedad relativa, así como el sensible aumento de la velocidad del viento en esos meses. Por otra parte, la evaporación registra su valor más bajo durante los meses de Junio y Julio.

Para el año 2007, no se obtuvieron datos debidos a que el instrumento de medición se encontraba dañado (Tabla 2.3 y Figura 2.5).

Tabla 2.3 Resumen estadístico de la evaporación en mm (Servicio de Meteorología de la Aviación de Ciudad Bolívar, 2014).

Año	2006	2007
Enero	104 mm	Instrumento Dañado
Febrero	131 mm	
Marzo	184 mm	
Abril	131 mm	
Mayo	125 mm	
Junio	76 mm	
Julio	70 mm	
Agosto		
Septiembre		
Octubre		
Noviembre		
Diciembre		
Media. anual	821 mm	

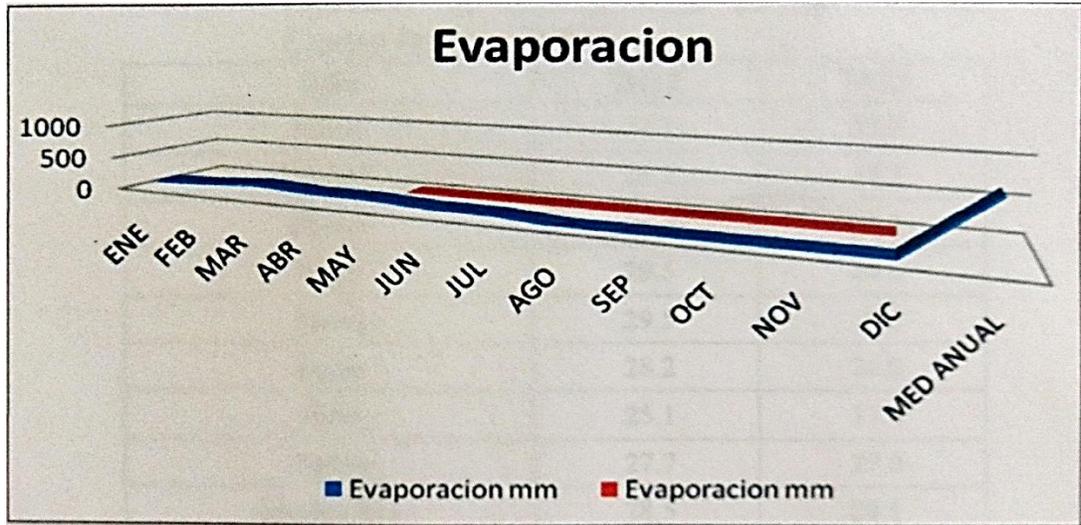


Figura 2.3 Comparación de la evaporación de los periodos 2006-2007 (Servicios de meteorología de la aviación Ciudad Bolívar).

2.2.1.3 Temperatura media del aire

Para caracterizar la temperatura del aire, se utilizó la metodología de relacionar la variación de la temperatura con la altitud. El período climático está comprendido entre 2012-2013 (2 años) la temperatura media anual en el área es de 28.1°C, (año 2012) El valor más alto se da en el mes de Abril y Mayo con un 29.5 °C, y los menores valores de temperatura se representan en el mes de Julio con 25.1 °C, Mientras que para el año 2013 la temperatura media anual es 27.56 °C, Registrándose un incremento de la temperatura en el mes de Abril con 29.6 °C, lo cual indica una

(condición isotérmica por estar ubicada en una zona intertropical (Tabla 2.4 y Figura 2.6).

Tabla 2.4 Resumen estadístico de la temperatura en °C (Servicio de Meteorología de la aviación Ciudad Bolívar 2014).

Año	2012	2013
Enero	27.1	27.3
Febrero	28.3	27.7
Marzo	29.2	28.1
Abril	29.5	29.6
Mayo	29.5	29.2
Junio	28.2	26.0
Julio	25.1	27.0
Agosto	27.7	27.0
Septiembre	28.5	28.1
Octubre	28.9	27.5
Noviembre	28.4	27.2

Diciembre	27.5	26.1
Media. Anual	28.15	27.56

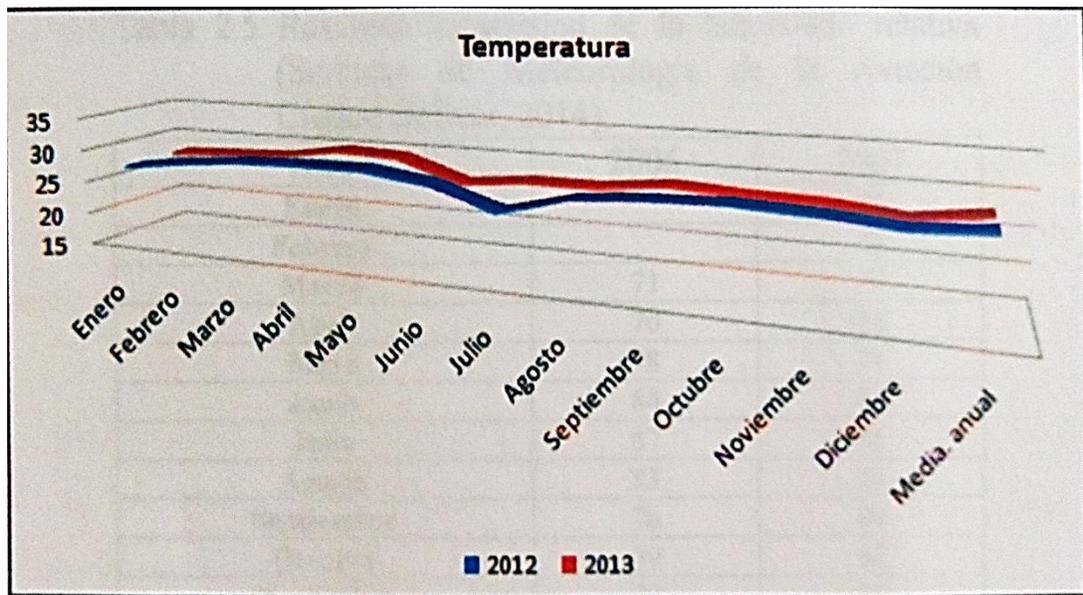


Figura 2.4 Comparación de la temperatura °C de los periodos 2012-2013 (Servicio de meteorología de la aviación Ciudad Bolívar 2014)

2.2.1.4 Humedad relativa media anual

El periodo de registro climático utilizado para caracterizar la humedad relativa media anual, fue para los años 2006-2007 (2 años). La humedad relativa anual fue de 78% (año 2006) la cual se consideró menor con respecto a la del año 2007 que fue de

80% Sin embargo para ambos años los valores máximos se registraron en los meses de Junio, Julio, Agosto (Tabla 2.5 y Figura 2.7).

Tabla 2.5 Resumen estadístico de la humedad relativa (Servicio de Meteorología de la Aviación de Ciudad Bolívar)

Año	2006	2007
Enero		78
Febrero		73
Marzo	71	72
Abril	70	68
Mayo	78	74
Junio	84	84
Julio	87	86
Agosto	83	84
Septiembre	76	84
Octubre	79	85

Noviembre	77	85
Diciembre	79	89
Media. Anual	78	80

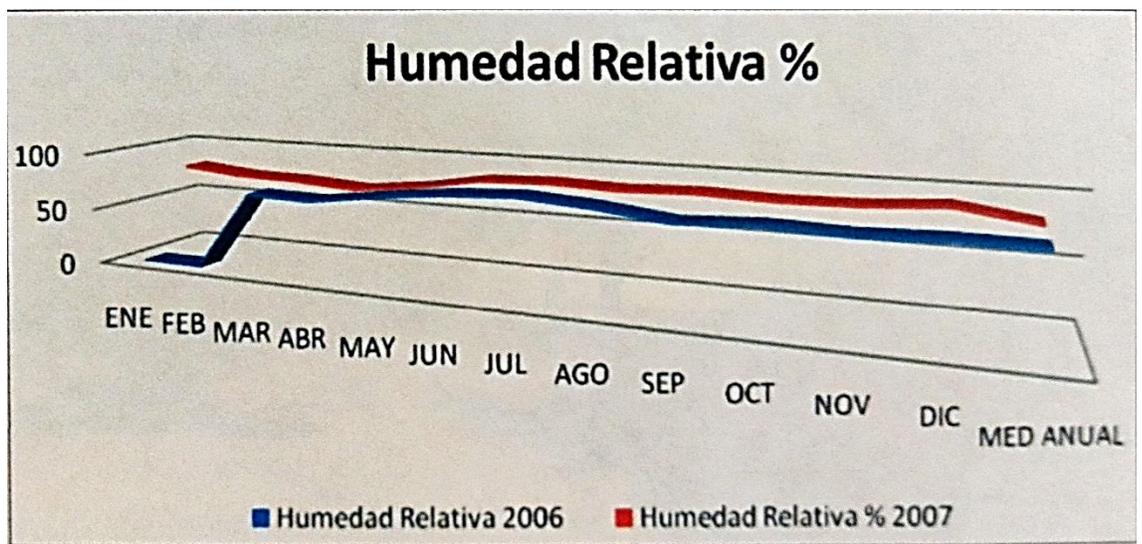


Figura 2.5 Comparación de la Humedad relativa de los periodos 2006-2007
(Servicios de Meteorología de la Aviación Ciudad Bolívar 2014)

2.2.2 Vegetación

En el área de estudio se puede distinguir por dos unidades bioclimáticas: el bioclima Tropofilo Macrotermico, el más extendido, y el bioclima Ombrofilo Macrotermico (Arcila, D y Suárez, F. 2010)

La formación vegetal más importante del Bioclima Tropofilo Macrotermico es la herbácea, asociada generalmente a matorrales, bosques bajos, medios y arbustos relictos o producto de la intervención agrícola y pecuaria de tipo extensivo muy acentuadas en la zona. También se encuentran, en condiciones edáficas particulares, bosques de galerías (Figura 2.8) y (Figura 2.9).

Por tanto, dado las condiciones climáticas, la escasa capa vegetal, el carácter arenoso de los suelos y la abundancia en oxido de Fe y Mg, en conjunto, la vegetación típica de la zona peaje de ciudad Orinoco, tigre municipio independencia estado Anzoátegui es Sabana.



Figura 2.6 Vista panorámica del camino al área de estudio.

2.2.2.1 La sabana herbácea con elementos leñosos

Se caracteriza por presentar en estrato herbáceo continuo, dominante y un estrato leñoso de cobertura variable (irregular), con porcentajes variables de cobertura vegetal que va entre el 10 y 50% del suelo.

El estrato herbáceo está conformado por especies mayormente gramíneas y ciperáceas, las cuales conforman un tipo de altura de hasta 80 cm, sin embargo otro grupo de especies pertenecientes a las Papilionáceas, Caesalpinaceas, Euphorbiaceas, no sobrepasan los 60 cm de altura. Las dos primeras familias le dan el aspecto a la comunidad

El estrato leñoso con individuos de aspectos achaparrado, dispersos en toda el área, alcanza altura entre 4 y 10 m, interrumpiendo la comunidad del estrato herbáceo. Está dominado florísticamente por *Curatella Americana* (chaparro), *Bowdichia Virgilioides* (alcornoque), *Byrsomina crassifolia* (manteco), *Godmania aesculifolia*, *Palicoura rígida*, *Caseaeira sylvestris*, *Roupala complicata* [mandingo), *Xylophia aromática* (fruta del burro), y el *Psidium guianense* (Guayaba).

En algunos sectores de la zona peaje de soledad, El Tigre Municipio Independencia estado Anzoátegui, cercanos a Ciudad Bolívar, se presentan áreas de chaparral denso, intercalado con sabanas gramíneas arbustivas, dominadas casi exclusivamente por *Curatella americana*, y donde el desarrollo del herbáceo es muy escaso.

Los matorrales generalmente deciduos, se caracterizan por presentar un estrato arbustivo de 2-8 m de altura, con individuos arbóreos emergentes de 10-15 m.

2.2.2.2 Vegetación de sabana tropical

Dominada por el clima y tipos de suelos imperantes, constituida por varias especies gramíneas, chaparros y especies arbóreas aisladas y de poca altura, también es común encontrar moriches en los márgenes de drenajes que se encuentran en la región (Betancourt. O, 2.003).

2.2.3 Suelos

En la zona peaje de ciudad Orinoco, El Tigre municipio Independencia estado Anzoátegui predominan suelos de los órdenes Ultisoles, Entisoles; y en menor Proporción se encuentran Alfisoles e Inceptisones, según estudios realizados en áreas cercanas por CVG-TECMIN (1991).

Los Ultisoles, son muy evolucionados y se caracterizan por la presencia de un horizonte argílico o un kandico, y por poseer arcillas de baja actividad como caolinita y sesquióxidos de hierro y aluminio. Se han desarrollado a partir de rocas pertenecientes a la Provincia Geológica de Imataca así como a partir de sedimentos aluviales Se encuentran en bioclimas Tropofilo y Ombrofilo Macrotermico; y en

paisajes de tipo montaña, lomerío, pleniplanicie y planicie. Son moderadamente profundos a profundos; de textura ligera a pasada, mezclada con proporciones variables de fragmentos de rocas en general son muy ácidos a extremadamente ácidos (pH H₂O 1:1, 3.5-5); con baja a muy baja capacidad de intercambio catiónico (3-10 Cmol/Kg. Suelo); y muy baja saturación con bases (5%-13%).

Estos suelos fueron agrupados en cuatro subórdenes, de acuerdo a la taxonomía de suelos (*Soil Survey Staff 1990*), debido a que ocurren en diversos ambientes bioclimáticos de la zona y que presentan diferencias en sus características físicas y químicas, especialmente se encuentran los subórdenes Ustults, Udults, Umults y Aquults. Los Ustults y Udults se localiza en bioclimas Tropofilo Macrotermico y Ombrofilo Macrotermico, respectivamente.

Pueden ocurrir en cualquier tipo de paisajes. Los Umults se encuentran en bioclimas Ombrofilo macrotermico, pero no son reportados en las planicies. Los Aquults están asociados a las planicies y los relieves de vegas, independientemente del bioclima.

Los Entisoles están específicamente asociados a los Ultisoles, sin embargo no presentan evidencias de evolución pedogenético. Lo cual puede deberse, por una parte, a que ocupan área de altas pendientes, sometidas a fuertes procesos erosivos que han

interrumpido su proceso evolutivo. En las planicies han evolucionado a partir de sedimentos aluviales con altos y muy altos contenidos e área y muy poca arcilla. Esta ha sido translocada hacia las capas más profundas, resultando perfiles con predominio de texturas arenosas, son desarrollo pedogenico. Son superficiales a profundos; de textura ligera a media, mezcladas con proporciones diferentes de fragmentos de roca. En general son muy ácidos a moderadamente ácidos (pH1:1 H₂O, 4.8-5.4), y con baja y muy baja capacidad de intercambio canónico (0.7-3.1 Cmo/kg. Suelo).

En el área de estudio predomina los subórdenes Orthensts y Psamments. Los primeros se localizan en las montañas y lomeríos; mientras que los Psamments se encuentran en las planicies.

Los Alfisoles al igual que los Ultisoles son suelos muy evolucionados, y presentan un epipedon Argilico o un Kandico. Se encuentran en ambientes bioclimáticos Tropofilos Macrotermico y en paisajes de tipo lomeríos y peniplenicie. Son moderadamente profundos a profundos; de textura media a pesada, generalmente mezclada con frecuentes fragmentos de rocas. Son algo excesivamente a excesivamente drenados.

Estos suelos son de reacción moderada a ligeramente acida (pH: H₂O 1:1, 5.5-6.5), Presentan baja a moderada capacidad de intercambio catiónico (7-13 Cmol/kg Suelo) y moderada a alta saturación con bases (44%-70%).

Los Inceptisoles muestran un desarrollo evolutivo moderado, evidenciado por la presencia de un horizonte umbrico y/o un endopedon Cambico. Estos suelos evolucionaron a partir de sedimentos aluviales del Cuaternario reciente. Se localizan en las planicies, bajo condiciones bioclimáticos tipo Tropofilo Macrotermico. Son profundos, de textura media con alto contenido de limo; y pobremente drenados, Los Inceptisoles que se encuentran en el área de estudio, pertenecen al sborden Troprpts.

2.2.4 Fauna

La fauna presente se encuentra asociada directamente con las características de las comunidades vegetales. Al hacer un análisis en función de las regiones geográficas de Venezuela, establecidas a partir de las diferentes regiones naturales de Venezuela, visualizadas en imágenes de satélite, tomando en cuenta varios niveles de percepción ambiental y geográfica, en la cual el relieve es la más importante, se tiene una descripción de las bioregiones o las unidades biogeográficas que pueden ser empleadas para determinar la distribución de la fauna silvestre (Tabla 2.6) (Arcila, D. y Suarez, F. 2010)

En este sentido, el área de influencia se encuentra ubicada dentro de la bioregion de los llanos, específicamente en los llanos occidentales. Desde el punto de vista faunístico esta bioregion presenta una elevada composición de especies que muestran una marcada preferencia hacia el micro-hábitat de sabana, pero sin llegar a leer exclusivos de la misma, pudiéndose encontrar en las bioregiones vecinas y en muchos casos estar presentes en todo el territorio (Areola, D. y Suárez, F. 2010).

Tabla 2.6 Distribución de la fauna vertebrada presente en el área. Ojasti, 1987.

Fauna del sur de Anzoátegui (Arcila, D. y Suarez, F. 2010)

Grupo	Especies	Porcentaje
Aves	185	61.4
Mamíferos	61	20.2
Reptiles	39	12.9
Anfibios	16	5.3
Totales	301	100

2.3 Geología regional y local

La cuenca Oriental de Venezuela está localizada en la zona Centro-Este de Venezuela, formando una depresión topográfica y estructural. Esta depresión tiene una longitud aproximada de 800 km, en sentido Oeste-Este, una anchura promedio de 200km de Norte a Sur y un área total aproximada de 160.000 km², entre los estados Guárico, Anzoátegui, Monagas y Delta Amacuro (Gonzalez. C. y otros., 1980). (Figura 2.10).



Figura 2.7 Mapa de la Ubicación de la Cuenca Oriental Venezuela (Betancourt, O.2003)

La Cuenca Oriental de Venezuela es la segunda cuenca en magnitud de América del Sur, sólo sobrepasada por la Cuenca del Lago de Maracaibo. En general, si se añaden las reservas estimadas de la faja del Orinoco, la Cuenca Oriental de Venezuela pasaría a ser la de mayores recursos petrolíferos en América del Sur y una de las más importantes del mundo (González. C., y otros., 1980).

La Cuenca Oriental de Venezuela puede definirse como una gran depresión asimétrica limitada al Sur por el borde septentrional del Cratón de Guayana; al Norte por el Cinturón móvil de las Serranías del Interior Central y Oriental; al Oeste por el Levantamiento de El Baúl; y al este la cuenca continúa por debajo del Golfo de Paria, incluyendo la parte situada al Sur de la Cordillera Septentrional de la Isla de Trinidad y se hunde en el Atlántico al este de la Costa del Delta del Orinoco (Tiapia, Y. 2004).

La evolución de esta cuenca es relativamente simple por haber estado desde el Paleozoico apoyada sobre el borde estable del Cratón de Guayana. Suaves movimientos de levantamiento y hundimiento de este borde ocasionaron transgresiones y regresiones externas, que fueron de gran importancia para la formación final de la cuenca (Tiapia, Y 2004).

2.4 Características geológicas

El área de estudio se encuentra enmarcada en el Escudo de Guayana, el cual forma parte del Cratón Amazónico y del Oeste de África, ambos de precámbrico, y que se continúa en las Guayanas y en la parte Noroeste de Colombia con unidades litoestratigráficas, metamorfismos y depósitos minerales similares (Mendoza, 2000).

En Venezuela el Escudo de Guayana comprende los territorios de los estados Bolívar (239.250 Km²), Amazonas (178.895 Km²) y una parte al Sur del estado Delta Amacuro (6.855 Km²).

Fisiográficamente se extiende aproximadamente por unos 425.000 Km², por lo que abarca casi el 50% del territorio venezolano (Herrera y León, 1997).

El límite norte del Escudo de Guayana en Venezuela lo representa el curso del Río Orinoco que lo separa de la región de los llanos venezolanos; al sur la frontera con Brasil al Este el río Esequibo frontera con Guyana, y al Oeste la frontera con Colombia formada por el curso del río Orinoco, entre las desembocaduras del río Meta y del Guaviare y parcialmente por el curso de los ríos Atabapo, Guainía y Negro hasta la población de San Simón de Cocuy (Herrera y León, 1997).

Cuatro provincias geológicas conforman el Escudo de Guayana en Venezuela, a saber Imataca (cinturón granulítico), Pastora (cinturón de rocas verdes, CRV), Cuchiveros-Amazonas (granitos de 1.800 m.a a 200 m.a y granitos post-tectónicos de 1500ma) y Roraima (cobertura sedimentaria discordante sobre rocas pertenecientes a las provincias de Pastoras y Cuchivero) (Mendoza, 2000); (Gonzalez. C., y otros. 1980).

Estas provincias se diferencian en sus direcciones estructurales, estilos de deformación tectónica, asociaciones litológicas y metalogénicas, y edades.

Sin embargo. En la Zona Peaje de Ciudad Orinoco, El Tigre municipio Independencia estado Anzoátegui se observan sedimentos del Reciente producto de la actividad fluvial propia de esta zona. Los sedimentos recientes están constituidos por fracciones de minerales, procedentes de la meteorización de rocas más antiguas, que han sido transportados por distintos y diversos medios, entre los cuales tenemos, el viento a través de la acción de corrientes de aire y el agua a través de la escorrentía y mediante la corriente del propio río Orinoco. Las cuatro unidades estratigráficas anteriores se encuentran bien diferenciadas, y de las más antiguas a la más joven son:

2.4.1 Provincia geológica de Imataca (precámbrico temprano).

Ocupa una faja angosta que se extiende por unos 550 Km de longitud en dirección Suroeste-Noreste desde las proximidades del río la Caura hasta el Delta del Orinoco donde queda cubierta bajo los sedimentos de éste; y en dirección Noreste-Sureste aflora por unos 80 Km. De ancho desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Gurí (Menéndez, 1968 citado en Corporación Venezolana de Guayana-Técnica Minera C A, 1991, Mendoza, 2000).

Asociaciones litológicas: en la provincia de Imataca se observan un variado número de asociaciones litológicas que incluyen cinturones de rocas verdes, migmatitas granulitas (Cordani, 2000 y Tassinari, 2000 citados por Mendoza, 2000) metasedimentos y gneises graníticos e intrusiones de granitos posteriores (González. C. Otros... 1980) esta asociación de rocas y la diversidad-complejidad de las estructuras geológicas incluidas dentro de esta provincia es lo que se denomina complejo de Imataca. En general, la provincia está formada litológicamente por gneises graníticos y granulitas félsicas (cubriendo entre 60 y 75% de la provincia), anfibolitas y granulitas máficas y ultramáficas (15-20%) y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (banded iron formation, BIF), dolomitas. charnockitas, anortositas, granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales poco metamorfizados y más jóvenes de CRT-TTG gnéisicos (El Torno-Real Corona) (Mendoza, 2000).

Contactos litológicos: el contacto inferior del complejo se desconoce, sin embargo, Algunos autores (Kalliskoski, 1965-a, b y Menéndez, 1994 citados en PDVSA-Intervep, 1999 — 2001) especulan con la posibilidad de que el complejo forme parte del basamento de la secuencia. Supracortical de los cinturones de rocas verdes, tanto en la provincia geológica de Pastora como de Imataca, pero no existe evidencia de campo que soporte este hecho. El contacto superior de la provincia es discordante con la formación mesa y sedimentos recientes (PDVSA-Intervep 1999-2001).

Edad: la edad del protolito de Imataca ha sido estimada en 3500-3600 m.a (por Rb/Sr y U/Pb), y que puede corresponder con la edad de las rocas originales previas al metamorfismo (Montgomery, 1997 citado por PDVSA-Intervep, 1999-2001). Los periodos en los que las rocas de Imataca han sufrido rejuvenecimiento y movilización parcial originando emplazamiento de cuerpos intrusivos y desarrollo de zonas magmáticas (PDVSA-Intervep 1999-2001).

Importancia económica: en la provincia de Imataca los únicos recursos minerales explotados hasta el presente son los depósitos de hierro de El Pao (tipo Algoma) y de Cerro Bolívar-San Isidro, etc. (tipo Dos Carajás), manganeso en pocas cantidades y bauxita y caolines (productos de la meteorización y lixiviación de rocas graníticas). Se

desconoce la presencia de depósitos de níquel, cromo, cobre, platinoides y oro (Mendoza, 2000).

2.4.2 Formación Mesa

Ubicación geográfica en los estados Monagas, Sucre, Bolívar. La Formación Mesa está limitada al sur por el Escudo de Guayana y al norte con la Serranía del interior (Figura 2.11).

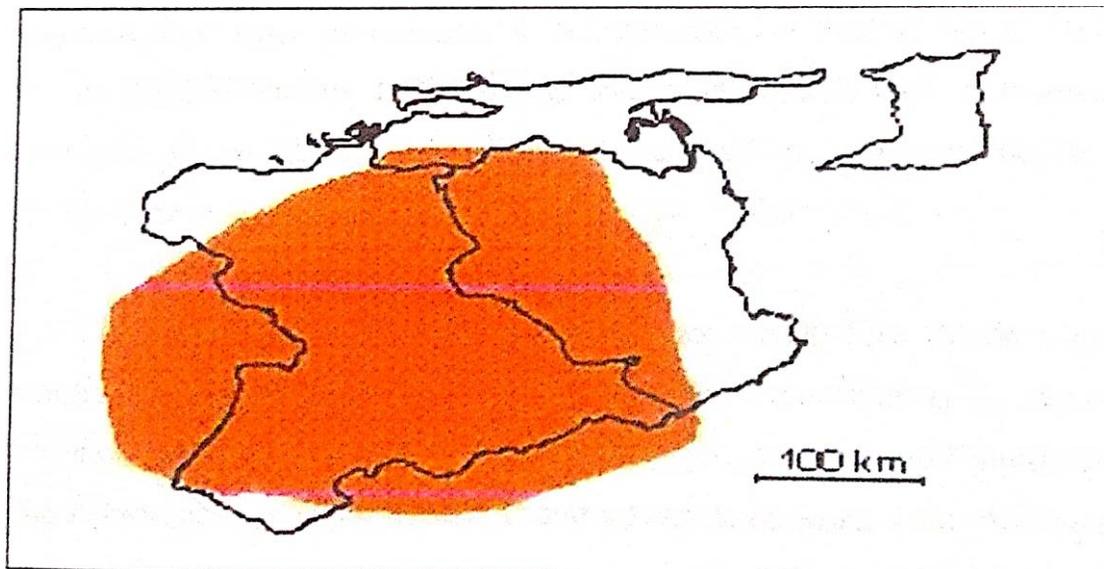


Figura 2.8 Mapa de la Formación Mesa PDVSA-Intervep (1999-2001)

Esta formación se extiende por los llanos Orientales de Monagas y Anzoátegui parte de Sucre y Guárico. Litológicamente la componen conglomerados, gravas ferruginosas y sedimentos finos (arcillas y limos) de carácter fluvial. Normalmente no puede distinguirse la Formación Mesa de la Formación Las Piedras infrayacente, aunque a veces se observa una leve discordancia entre ambas. Su espesor promedio aproximado es de 500 pies (Tiapia, Y. 2004).

Consideraciones históricas: Hedberg y Pyre (1944) en PDVSA-Intevep, 1999-2001 designaron como Formación Mesa, a los sedimentos jóvenes que cubren las extensas mesas, fisiográficamente características, del oriente venezolano.

Otras descripciones detalladas fueron publicadas por (González. C., y otros., 1980 en PDVSA-Intevep, 1999-2001).

El nombre de llanos (Garner, 1926 y Rondón, Liddle, 1928) en PDVSA-Intevep. 1999-2001, en desuso, se referían en parte a la Formación Mesa, pero también incluían capas infrayacente de la Formación Las Piedras. Según (Kehrer, 1956) en PDVSA-Intevep, 1999-2001, la unidad se extiende hasta Los Andes y Falcón, pero éste ha sido el único autor que aplicó el nombre en el occidente del país (PDVSA-Intevep, 1999-2001).

Localidad tipo: no se ha designado una sección tipo, debido a que la formación aflora en casi todas las mesas, con secciones representativas. En particular, se han mencionado las mesas de Guanina (Anzoátegui), las mesas de Tonoro y Santa Bárbara (Monágas), y los escarpados al este y Noreste de Santa Rosa (Anzoátegui), estas localidades se encuentran en las Hojas 7342, 7343, 7344, 7442 y 7444, escala 1:100.000 Cartografía Nacional.

Descripción litológica: González. C., y otros (1980) afirman que en los límites norte y sur de la mesa de Guanina (mesas de Anzoátegui y Monagas), la Formación Mesa consiste de arenas de grano grueso y gravas, con cemento ferruginoso, muy duras, con alto grado de cementación, de aspecto masivo y de pequeño espesor, que dan lugar a conglomerados rojos a casi negros; arenas blanco-amarillentas, rojo y púrpura, con estratificación cruzada; lentes discontinuos de arcilla fina arenosa y lentes de limolita. En la mesa de Tonoro se observan capas lenticulares de conglomerado, arenas, y algunas arcillas. Al noroeste de Santa Rosa existe una capa lenticular de conglomerado, de más de 25 m de espesor, con delgadas intercalaciones de arenas (PDVSA-Intevep, 1999-2001).

En Santa Bárbara de Maturín, la parte superior (76 m) consiste en gravas con intercalaciones de arenas y arcilla roja y amarillo intenso: la parte inferior (60 m) formada por elásticos finos (arenas grises y blancas, intercaladas con arenas arcillosas y arcillas grises abigarradas). Al Suroeste de Maturín. La Formación Mesa está compuesta por arcillas moteadas y abigarradas, con nódulos sin arena.

En los Llanos Centro-Orientales, la formación Mesa, está constituida por arenas no compactadas. Los sedimentos de La Formación Mesa, gradan de Norte a Sur, de más gruesos a más finos al alejarse de las cadenas montañosas del norte; desde la parte central de Monagas al macizo de Guyana, gradan de más finos a más gruesos.

la sección de río Cristalino, río La Palencia, río del Medio, Caripito y Las Parcelas, la formación está constituida por conglomerados con elementos líticos redondos, tipo pudinga, de tamaño grande, aproximadamente 0,15 metros de diámetro, en una matriz/ arcillo-arenosa de color gris claro a amarillo (PDVSA-Intevep, 1999-2001).

El espesor de la Formación Mesa es muy variable, pero en términos generales disminuye de Norte a Sur, como consecuencia del cambio en la sedimentación fluvio-deltaica, y aumenta de Oeste a Este, por el avance de los sedimentos deltaicos (Gonzalez C, y otros., 1980). En la mesa de Maturín, tiene un espesor máximo de 275

m, mientras que en el Estado Bolívar rara vez llega a los 20 m (PDVSA-Intevep, 1999-2001).

La extensión geográfica: La Formación Mesa se extiende por los llanos centro-orientales y orientales (estados Guárico, Anzoátegui, Monágas). Se encuentran algunos afloramientos en los estados Sucre y Bolívar, inmediatamente al Sur del río Orinoco (PDVSA-Intevep, 1999-2001).

Al sur del río Orinoco se observan remanentes de la formación Mesa, en forma de arenas irregulares sobre el complejo de Imataca (PDVSA-Intevep, 1999-2001)

Contactos: La Formación Mesa suprayace en contacto concordante y transicional, a la formación Las Piedras (Plioceno). En el centro del Estado Anzoátegui la formación Mesa descansa sobre la Formación Las Piedras y lateralmente grada hacia el Este a La Formación Paria. En el extremo Sur del Estado Anzoátegui y en el área de Ciudad Bolívar, La Formación Mesa descansa sobre el complejo ígneo-metamórfico de Imataca.

En la sección de río Cristalino, río La Palencia, río del Medio, Caripito y Las Parcelas se encuentra discordante sobre las formaciones Querecual, San Antonio y San Juan (PDVSA-Intevep, 1999-2001).

Fósiles: En La formación Mesa se han encontrado fósiles de agua dulce, asociados con arcillas ligníticas y restos de madera silicificada (González. C., y otros. 1980) El hallazgo de restos fósiles autóctonos de madera fosilizada (opalificada), con avanzado estado de litificación, se postula como evidencia de una edad posiblemente mayor que el pleistoceno.

Edad: Con base en la relación transicional con la Formación Las Piedras (Plioceno), se ha postulado una edad Pleistoceno para la formación Mesa Zinck y Urriola (1970) y Coplanarh (1974), intentaron establecer una cronología de la formación, con base en la evolución de los suelos y usando el esquema estratigráfico originalmente de terrazas (t) y luego cronológico del Cuaternario (Q). De esta forma sugirieron que los suelos desarrollados sobre la Formación Mesa pertenecen al Pleistoceno temprano. Sin embargo, como lo indicaron Bezada y Schubert, (1987) este esquema, basado en comparaciones directa, con cronologías cuaternarias europeas, adolece de defectos, entre ellos, la variación en el tiempo de la formación de suelos bajo diferentes climas (PDVSA-Intevep, 1999-2001)

Correlación: Los sedimentos de la Formación Mesa gradan hacia el este a las capas arcillosas marinas marginales de La Formación Pana.

Paleo ambientes: González, y otros (1980) afirman que la formación Mesa es producto de una sedimentación fluvio-deltaica y paludal resultado de un extenso delta que avanzaba hacia el este en la misma forma que avanza hoy el delta del río Orinoco. El mayor relieve de las cordilleras septentrionales desarrollo abanicos aluviales que aportaban lateralmente a la sedimentación clásticos de grano grueso (del frente de montaña), mientras que desde el Sur el aporte principal era de arenas. En la zona central, postuló la existencia de ciénagas.

Zink y Urriola, (1970), Coplanarh (1974) en PDVSA-Intevep, 1999-2001, Utilizando criterios geomorfológicos y pedostratigraficos, consideran que los sedimentos de La Formación Mesa representan depósitos torrenciales y aluviales de ambiente semiárido, contemporáneo con un levantamiento de la Serranía del Interior A principio del Pleistoceno (PDVSA-Intevep, 1999-2001).

Aunque la estratigrafía de la Formación no se conoce en detalle, ésta puede contener el registro de las variaciones climáticas del Pleistoceno.

Geomorfología: la parte superior de la unidad es sumamente permeable por su carácter arenoso o areno-limoso y por la presencia de diaclasas columnares. Ocasionalmente, la superficie se encuentra cubierta por laterita ferruginosa (PDVSA-Intevep. 1999-2001).

En medio de la sabana, y bajo condiciones de abundante precipitación, La Formación Mesa ha sido erosionada para formar cárcavas espectaculares.

2.5 Características geomorfológicas

La geomorfología de la Zona peaje de ciudad Orinoco, El Tigre municipio Independencia estado Anzoátegui se caracteriza por ser un área de pequeñas montañas, donde los rasgos geomorfológicos predominantes son las colinas (lomeríos) de escasa altura, llanura aluvial y domos. Dentro del relieve de colinas encontramos una topografía ondulada a escarpada con pendientes locales que pueden variar entre 5 y 30% El proceso dominante, es de origen hídrico. La erosión es generalizada en forma de surcos con tendencias a formas más degradadas. El equilibrio de este medio es precario y su intervención amerita obras de control de erosión. A este tipo de paisaje pertenecen los afloramientos rocosos de Imataca que afloran en la zona.

El paisaje de mesa ocupa una parte y está conformado por mesetas individualizadas por efectos de erosión regresiva. Constituyen medios de ablación que aportan la mayor parte del material detrítico movilizable a nivel local.

En esta unidad se diferencian varias formas, que van desde mesas disectadas, mesas conservadas o planas y mesas desmanteladas en colinas. En cada una de ellas los procesos morfogenéticos son variables así como su tendencia evolutiva y su potencialidad de uso.

Se puede observar presencia de domos graníticos formados por la erosión de estratos sedimentarios que cubrían al lacolito ya que como se observa en la zona, presenta una serie de pequeñas montañas rocosas de material meteorizado que al fracturar nos da la roca fresca en cuestión que en este caso es la charnockita que es la roca predominante.

CAPITULO III

MARCO TEORICO

3.1 Antecedentes de la investigación.

Según Propulso C.A (2022) en la zona de estudio ubicada en el Sector Peaje De Ciudad Orinoco El Tigre, Municipio Independencia, Estado Anzoátegui no se han realizado estudios previos enfocados al área de geología. Por lo tanto la zona no posee antecedentes de estudios anteriores.

3.2 Bases teóricas.

En esta parte de la investigación, se presentan la fundamentación teórica la cual se realizó después de la revisión de varios textos, que sirvió de apoyo para el desarrollo de la misma y para entender y facilitar los conceptos básicos, para una mejor comprensión acerca de los estudios y análisis realizados en este trabajo es necesario definir algunos conceptos que son de gran importancia para este estudio los cuales serán desarrollados a continuación.

3.3 Rocas ígneas.

Las Rocas Ígneas Son las que componen la mayor parte de la corteza terrestre, se forman mediante el enfriamiento y solidificación del magma, estas pueden ser rocas ígneas volcánicas o extrusivas o rocas ígneas plutónicas o intrusivas (Tarbuck, E. y Lutgens, F. (2005)

Las rocas ígneas extrusivas o volcánicas Se forman cuando se solidifica la roca fundida en la superficie terrestre, Las rocas ígneas extrusivas son abundantes en la costa occidental del continente americano, incluidos los conos volcánicos de la cordillera Cascade y las extensas coladas de lava de la llanura de Columbia. Además, muchas islas oceánicas, tipificadas por la cadena Hawaiana, están compuestas casi por completo de rocas ígneas extrusivas. (Tarbuck, E. y Lutgens, F. (2005).

Las Rocas ígneas plutónicas o extrusivas se forman Cuando el magma pierde su movilidad antes de alcanzar la superficie y este acaba cristalizándose en profundidad, las Rocas ígneas que se forman a profundidad son denominadas Rocas ígneas Plutónicas o intrusivas, Las rocas ígneas intrusivas nunca se observarían si la corteza no ascendiera y las rocas caja no fueran eliminadas por la erosión. (Tarbuck, E. y Lutgens, F. (2005).

Las rocas ígneas son el fruto de la solidificación del magma, fragmentado o compacto, sobre o en el interior de la corteza terrestre. Esas temperaturas de cristalización oscilan así, para los magmas riolíticos 1000 °C, para los andesíticos 1150 °C y para los basálticos 1250 °C (Fort, P. 1997), Mendoza, V. (2012).

Los minerales más abundantes en este tipo de rocas son cuarzo, feldespato, piroxenos y anfíboles. La composición mineralógica promedio de las rocas ígneas es: 59% feldespatos, 12% cuarzo, 17% anfíboles y piroxenos, 4% micas y 8% otros minerales. Por el volumen en la corteza, las rocas ígneas representan el 95% contra el 5% de las sedimentarias, aunque estas últimas exhiben mayor afloramiento (Fort, P. 1997), Mendoza, V. (2012).

La acción del magma resulta ser la asimilación y fusión de la roca encajante o el fracturamiento y la intrusión de dicha roca. Al fluir a través de ella genera movimientos telúricos por la presión de los gases magmáticos o por la presión del magma mismo (Fort, P. 1997), Mendoza, V. (2012).

Son el inicio del ciclo de las rocas, pueden ser endógenas, cuando su origen es a profundidad y constituyen las rocas plutónicas, exógenos cuando se originan en la superficie y son llamadas rocas volcánicas, también pueden ser inyectadas en el camino a la superficie la cual en este caso son llamadas hipoabisales (Fort, P. 1997).

El magma es un material de silicatos fundidos generado por la fusión en las profundidades de la Tierra. Las altas temperaturas son generadas mediante la desintegración radioactiva y la presión es proporcionada por las pilas de rocas que la recubren (Fort, P. 1997), Mendoza, V. (2012).

La cristalización forma cuerpos de rocas ígneas intrusivas cristalinas conforme el magma sube a través de la corteza. Las rocas ígneas extrusivas (rocas volcánicas) son formadas si el magma llega hasta la superficie (Fort, P. 1997), Mendoza, V. (2012)

La fusión de las rocas enterradas profundamente genera un magma nuevo y el ciclo se termina. Los materiales calientes subiendo en la Tierra, generan un levantamiento que a su vez promueve la erosión de tal manera que el ciclo, impulsado por el calentamiento radioactivo, es auto-sostenido por miles de millones de años (Fort, P. 1997), Mendoza, V. (2012).

3.3.1 El magma.

El magma es el material rocoso, fundido, compuesto por silicatos que asciende desde la parte superior del manto y la parte inferior de la corteza gracias a la estructura de las placas de la litosfera y las relaciones entre ellas que producen zonas débiles o de sutura que favorecen el ascenso del magma (Fort, P., 1997).

El magma puede cristalizar a profundidades relativamente bajas, lo puede hacer en la superficie de la tierra y también puede ser inyectado durante el ascenso (Fort, P., 1997).

Es un sistema multicompuesto en el cual pueden coexistir las tres formas de la materia, a saber: sólido, líquido y gaseoso. El magma puede ser clasificado, en base a su contenido de sílice, como: ácido (SiO_2 mayor a 66%), intermedio (SiO_2 entre 66 y 52%), básico (SiO_2 entre 52 y 45%), ultrabásico (SiO_2 menor a 45%) y alcalino (SiO_2 entre 35 y 66%) (Fort, P., 1997).

El magma puede originarse en focos de fusión de rocas en el manto superior, en la zona blanda denominada astenósfera; en tal caso, el mismo tendrá una composición ultrabásica o basáltica. Pero también se cree, que puede formarse como magma granítico primario en la base de la corteza (Fort, P., 1997).

La fricción entre placas litosféricas, provocada por subducción o deslizamiento de placa oceánica basáltica por debajo de placa continental, origina fusión de las rocas en contacto en las profundidades de la astenósfera, dando lugar a la formación de magma. Este, al iniciar su ascenso hacia la superficie, puede contaminarse, diferenciarse o asimilar material de la corteza, modificando su composición original. Consecuentemente, el magma, al solidificarse dentro o sobre la corteza, formará roca

plutónica o volcánica de diferente composición y textura. Dependiendo del lugar de origen el magma pueden ser magmas basálticos, asociados al sima y manto y magmas granítico asociado al sial (Fort, P., 1997).

Durante la cristalización del magma pueden ocurrir eventos petrogenéticos tales como: segregación magmática, asimilación magmática, mezcla de magmas (Fort, P., 1997).

Estos procesos son importantes en la composición mineralógica de las rocas ígneas y determinan el tipo de roca que se formará. La cristalización fraccionada está encaminada en varias etapas durante el proceso de enfriamiento; el cual lo hace desde temperaturas alrededor de 1000°C hasta 400°C (Fort, P., 1997).

Estas etapas son en orden descendente: Etapa ortomagmática, etapa pegmagmática, etapa neumatolítica, etapa hidrotermal. De tal manera, que se puede definir la diferenciación magmática como el conjunto de procesos mediante los cuales un magma madre se separa en fracciones distintas que, finalmente, al cristalizar, forman rocas de diversa composición química o mineralógica (Figura 3.1) (Fort, P., 1997).

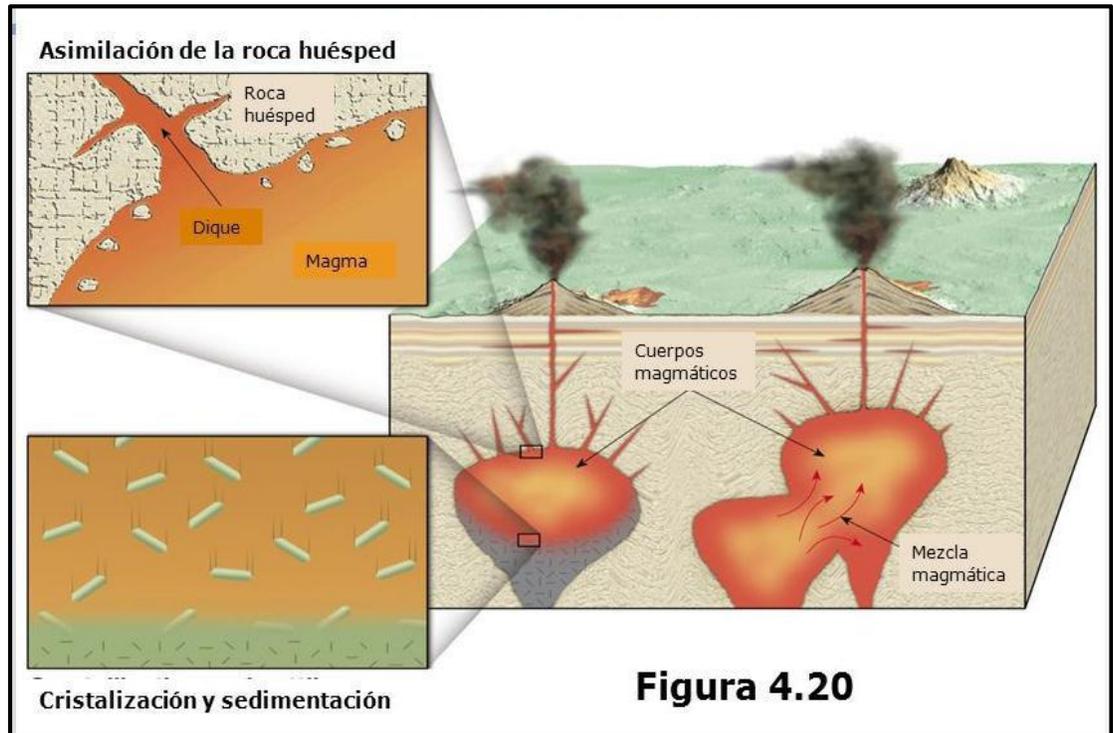


Figura 3.1 Diferenciación magmática (Fort, P. 1997).

3.3.2 Minerales formadores de las rocas ígneas

Son dos, los grupos de minerales silicatados más importantes formadores de rocas ígneas. Los silicatados ferromagnesianos (oscuros o máficos), ricos en hierro y en magnesio, o en ambos, y normalmente con bajo contenido en sílice (Fort, P. 1997).

En este grupo se encuentra los olivinos, piroxenos, anfíboles y biotitas. El otro grupo es el de los silicatos félsicos o no ferromagnesianos, al cual pertenecen la moscovita, feldespato y cuarzo (Fort, P., 1997).

La paragénesis de los minerales de una roca ígnea depende principalmente de la composición química del magma original. Si el magma contenía un elevado porcentaje de sílice, la roca resultante contendrá minerales ricos en sílice y cuarzo, generalmente serán de colores claros, si, por el contrario, el magma tenía un porcentaje bajo de sílice, la roca resultante contendrá minerales pobres en sílice y carecerá de cuarzo. Por lo general la roca será de color oscuro (Figura 3.2) (Fort, P. 1997).

Los diferentes silicatos que constituyen a la formación de rocas ígneas cristalizan en un orden determinado, que está condicionado por la temperatura (Fort, P. 1997).

La serie de cristalización de Bowen nos muestra el orden de cristalización de los distintos silicatos conforme disminuye la temperatura de un magma (Figura 3.2). Define el orden de separación de los silicatos en un magma que se enfría y por un proceso que transcurre en dos líneas independientes, una continua, y otra discontinua que se desarrollan a la vez. En la parte final, cristalizan los feldespatos alcalinos, la moscovita y el cuarzo (Fort, P. 1997).

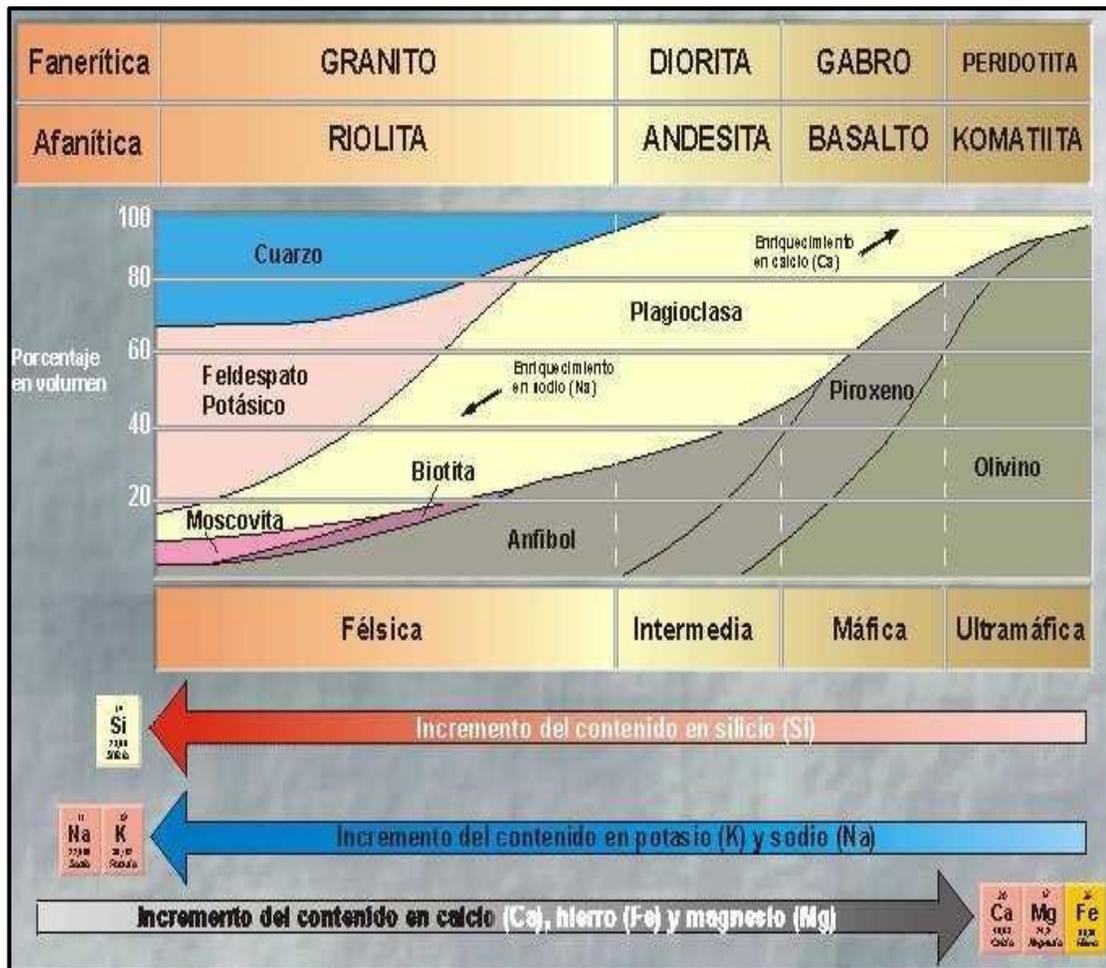


Figura 3.2 Clasificación de las rocas ígneas en composición de la textura y composición química (Rollinson, H. 2015).

En este esquema evolutivo se pueden distinguir tres grupos de minerales: Los ferromagnesianos, las plagioclasas y los silicatos no ferromagnesianos (Fort, P. 1997).

Los ferromagnesianos denominados así por su alto contenido en hierro y magnesio (olivino, piroxeno, anfíboles, biotita). Debido a su composición son minerales de colores más oscuros. Forma una serie de cristalización discontinua y cristalizan en un rango temperaturas altas (Fort, P. 1997).

Las plagioclasas. Forman una serie de cristalización continua entre la anortita y la albita. Cristalizan también en un intervalo de temperaturas altas- medias (Fort, P. 1997).

Silicatos no ferromagnesianos (cuarzo, moscovita y ortosa). Son los minerales que cristalizan a menor temperatura. Estos minerales contienen una mayor proporción de aluminio (Al), potásico (K), calcio (Ca) y sodio (Na), que de hierro y magnesio (Fort, P. 1997).

A las rocas con un alto contenido en minerales ferromagnesianos se les denomina máficas (máficos, del latín magnesium y ferrum). Suelen tener un índice de color alto (tonalidades oscuras). A las rocas con alto contenido en minerales no ferromagnesianos (cuarzo, moscovita, feldespato potásico, plagioclasa y feldespatoideas) se les denomina félsicas (félsico, proveniente de feldespato y sílice). Son rocas con un índice de color bajo (tonalidades claras) (Fort, P. 1997).

Las reacciones continuas se inicial con el feldespato cálcico (anortita) y terminan con el sódico (albita), mientras las discontinuas empiezan con los olivinos, continúan con los clinopiroxenos y ortopiroxenos, luego con la hornblenda y finalmente con la biotita (Fort, P. 1997).

Según Bowen, con el enfriamiento del magma aparecen primero los ferromagnesianos y plagioclasas y por último el cuarzo; los ferromagnesianos lo harán en el siguiente orden con base en cambios estructurales: por formación de tetraedros individuales aparece el olivino; por formación de cadenas de tetraedros, la augita; por formación de cadenas dobles y a partir de las cadenas simples anteriores, la hornblenda, y por la unión de láminas de cadenas dobles, la biotita. (Figura 3.3).



Figura 3.3 Serie de Bowen, (Universidad Autónoma de Madrid, 2007).

Contemporáneamente los iones de calcio van siendo sustituidos por iones de sodio, pues ambos elementos tienen radios compatibles, con lo que las plagioclasas evolucionarán en una serie continua, desde la anortita hasta la albita. Posteriormente se formarán el feldespato potásico, la moscovita y por último el cuarzo y las soluciones acuosas, a la menor temperatura (Universidad Autónoma de Madrid, 2007).

Enseña Bowen que los primeros minerales formados son los primeros que se meteorizan y los últimos en cristalizar (micas, ortoclasa y cuarzo) son los más resistentes al intemperismo (Universidad Autónoma de Madrid, 2007).

3.3.3 Formación o modo de yacimiento de las rocas ígneas.

Las rocas ígneas pueden presentarse, de acuerdo a su ambiente de formación, en distintas formas o modo de yacimientos. De tal manera, que las rocas plutónicas se presentan en forma de plutones, tabulares o macizos: diques, sills, lacolitos, batolitos, etc. Mientras que las volcánicas lo hacen en forma de mantos de lavas, capas volcánicas estratigráficas, diques, chimeneas volcánicas etc. (Figura 3.4) (Fort, P. 1997).

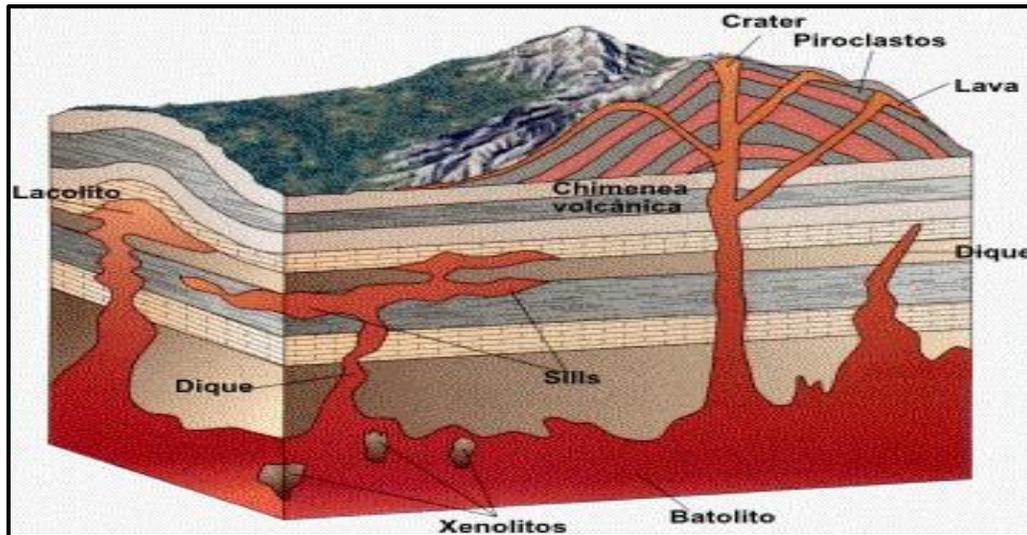


Figura 3.4 Ambientes de formación de rocas ígneas (Fort, P. 1997).

Si la cristalización tiene lugar en una zona profunda de la corteza a las rocas así formadas se les denominan rocas intrusivas o plutónicas (Fort, P. 1997).

Por el contrario, si la solidificación magmática tiene lugar en la superficie terrestre a las rocas se las denomina rocas extrusivas o volcánicas. Por último, si la solidificación magmática se produce cerca de la superficie de la tierra, de una manera relativamente rápida y el magma rellena pequeños depósitos (diques, filones, sills, lacolitos, etc.) a las rocas así formadas, se les denomina subvolcánicas o hipoabisales. Estas rocas también reciben el nombre de rocas filonianas, ya que habitualmente están rellenoando grietas o filones (Fort, P. 1997).

3.3.4 Clasificación de las rocas ígneas.

Las rocas ígneas se pueden clasificar en los principales grupos tales como: félsicas (Graníticas), intermedias (Andesíticas), máficas (Basálticas) y ultramáficas (Peridotíticas) (Fort, P. 1997):

Para clasificar una roca ígnea debemos basarnos fundamentalmente en las siguientes características (Tabla 3.1):

Textura (grado de cristalinidad y tamaño de los cristales) para establecer si es una roca intrusiva o extrusiva.

Composición mineralógica (índice de color y reconocimiento de minerales).

Tabla 3.1 Clasificación de las rocas ígneas según el índice de color y textura (Clasificación de las rocas ígneas en composición de la textura y composición química, 2015).

ROCAS		FÉLSICAS	INTERMED.	MÁFICAS	ULTRAMÁF.
IGNEAS Tipo de Roca		Graníticas	Andesíticas	Basálticas	Peridotitas
Índice de color %		<15%	15% y 40%	Más del 40%	Casi 100%
Textura	Fanerítica	Granito	Diorita	Gabro	Peridotita
	Afanítica	Riolita	Andesita	Basalto	Komatita

3.4 Rocas metamórficas

La formación de las rocas metamórficas esta principalmente asociada a la geodinámica interna de la tierra, la cual es responsable de una series de procesos que terminan provocando la transformaciones de rocas ya existentes o protolito (ígneas, sedimentaria o metamórfica) en rocas metamórficas a partir de cambios físicos, químicos o físico-químicos que experimentaron las rocas ya mencionadas. (Tarbuck, E. y Lutgens, F. (2005).

3.5 Metamorfismo.

El Metamorfismo es un proceso de transformación mediante el cual la composición mineral, La textura o ambas, de una roca cambian creando una nueva roca por efectos de presión, temperatura y fluidos químicamente activos. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

Proceso que incluye todos los cambios mineralógicos y texturales que sufren las rocas en estado sólido, como respuesta a condiciones físicas y químicas impuestas sobre ellas en el interior de la Tierra, y que difieren a las condiciones que prevalecieron durante su formación. El proceso de crecimiento de cristales en un medio sólido se denomina blástesis. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

El metamorfismo no incluye los cambios debidos a diagénesis o meteorización, ni anatexis. La temperatura mínima que marca el inicio del metamorfismo oscila entre 150 a 200 °C, a una presión de 0,5 Kb, entre 1,5 a 2 Km. de profundidad. Esta depende de la mineralogía de la roca. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

El metamorfismo se considera idealmente como un proceso isoquímico, es decir, un sistema cerrado donde no hay entrada de elementos o fluidos, por lo cual la composición química se mantiene constante. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

Límites del metamorfismo:

$T > 200$ -E13- $C P > 300$ Mpa H₂O.

Factores que controlan el metamorfismo: Composición Inicial, Presión.

Temperatura, Esfuerzos los cuales Indican una dirección preferencial y Tiempo.

Reactividad química inducida por fluidos: porosidad de la roca, fluido intergranular movimiento de los constituyentes mediante el fluido y medio de transporte. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

3.5.1 Tipos de metamorfismo.

Las rocas metamórficas pueden ser adscritas a dos categorías principales de metamorfismo: de contacto y regional (Figura 3.5) (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

3.5.1.1 Metamorfismo de contacto: ocurren en o cerca de los contactos de cuerpos intrusivos magmáticos, por las aureolas de contacto. También puede ser del tipo Hidrotermal por circulación de fluidos calientes cerca de fallas o cámaras magmáticas, entre los minerales más comunes encontramos Granate (andradita), Grosularia, Epidoto, Flogopita. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

3.5.1.2 Metamorfismo regional: aquellos que abarcan una gran extensión (decenas a centenares de kilómetros), como en los cinturones de rocas metamórficas de las cordilleras plegadas. Las rocas se caracterizan por presentar foliación debida a la intensa deformación. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

Minerales comunes: Series indicativas de presión:

Alta presión: Caracterizadas por Glaucófanos, Lawsonita, Jadeita, Cianita

Presión intermedia: Sillimanita, Cianita.

Baja presión: Andalucita, Sillimanita, Cordierita.

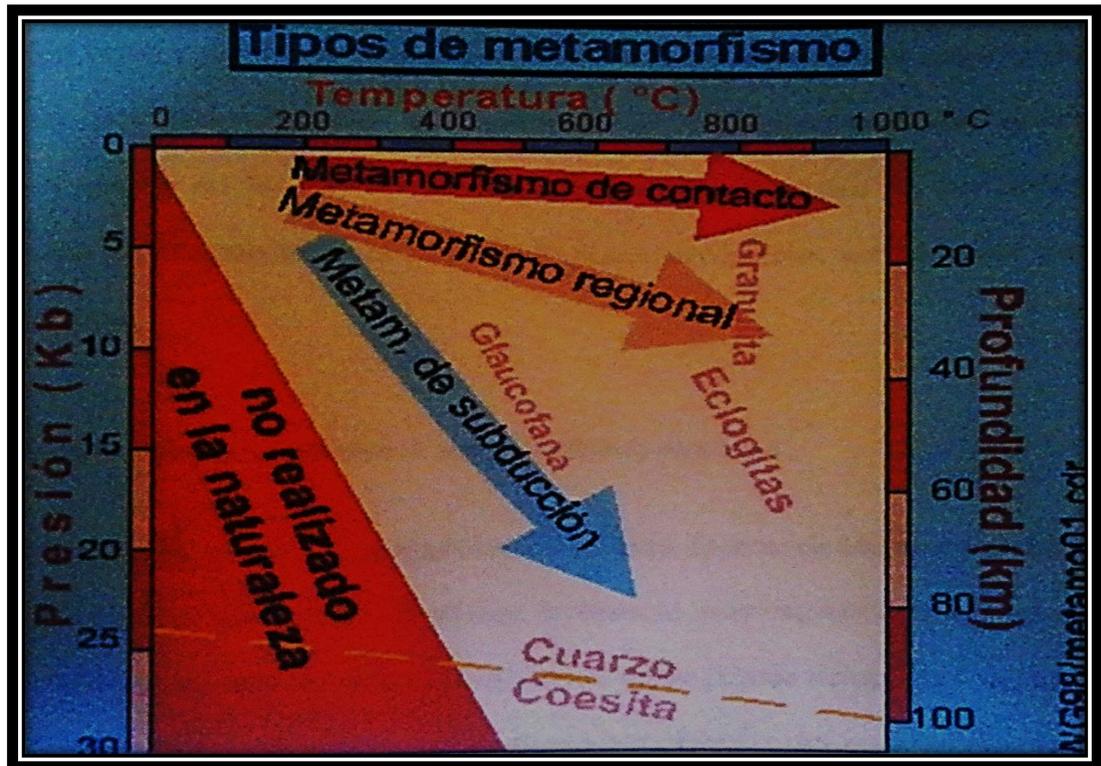


Figura 3.5 tipos de metamorfismos. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

Otros minerales muy comunes en el metamorfismo regional (no índices): Clorita, Actinolita, Granate (almandino), Biotita, Magnesita, Talco, Estauroлита, Calcita. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

3.6 Tipos de metamorfismo

3.6.1 Metamorfismo por soterramiento.

Ocurre en las cuencas sedimentarias en consecuencia de la solidificación de los sedimentos debido al soterramiento por los sedimentos sobreyacentes. La temperatura y la Presión contribuyen al metamorfismo. La temperatura, puesto que la temperatura sube con la Profundidad. Las rocas correspondientes son caracterizadas por temperaturas de recristalización baja y por la ausencia de deformaciones. La transición entre la diagénesis y el metamorfismo por soterramiento es continua. El metamorfismo de soterramiento es anorogénico y ocurre en la mayoría de las cuencas sedimentarias de los océanos y en las grandes cuencas sedimentarias en el interior de placas tectónicas, actualmente por ejemplo en el golfo de México. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

3.6.2 Metamorfismo orogénico o metamorfismo regional.

Es típico para los cinturones orogénicos y es muy común en los arcos oceánicos y en los continentes. Se sitúa en los bordes de placas tectónicas convergentes como en el borde entre una placa oceánica y un arco oceánico, en el borde entre placas oceánica y continental o en el borde entre dos placas continentales. Los factores importantes del metamorfismo regional son las perturbaciones tectónicas, las

variaciones de presión y los esfuerzos elásticos ("*deviatoric stress*"). Debido a los varios tipos de bordes de placas tectónicas convergentes las características del metamorfismo correspondiente difieren de un cinturón orogénico al otro. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

3.6.3 Metamorfismo de los lomos oceánicos.

Se ubica en los bordes de placas tectónicas divergentes. A lo largo de los lomos oceánicos continuamente se produce corteza oceánica de composición basáltica. Los basaltos oceánicos son acompañados con pizarras verdes y anfibolitas, las cuales son los equivalentes metamórficos de los basaltos. Al metamorfismo de los lomos oceánicos contribuyen el flujo de calor alto y la circulación de los fluidos como parámetros típicos. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

3.6.4 Metamorfismo cataclástico.

Ocurre en zonas de dislocación, como grandes zonas de fallas transcurrentes, corrimientos, etc. Puede ser local o regional. Anteriormente se consideraba solo de tipo local. Pero hoy día se conocen extensas zonas de rocas cataclásticas en zonas de fracturas oceánicas y continentales. Debido al trituramiento y cizallamiento, la mayoría de los minerales recristalizan a agregados de grano muy fino, los más resistentes (como feldespatos) forman porfidoblastos. La textura característica es la milonítica. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

3.7 Facies metamórficas.

La mineralogía final de una roca metamórfica depende de las condiciones de presión y temperatura (p, t) alcanzadas durante el metamorfismo y de su composición mineralógica y química. Eso ha llevado al establecimiento de un concepto fundamental, el de facies metamórficas, una roca o un conjunto de rocas pertenecen a una facies metamórfica cuando estas rocas han sido formadas o recristalizadas en un cierto rango de (p, t), el cual es definido por la estabilidad de ciertos minerales críticos; la facies es entonces un concepto mineralógico que designa un grupo de rocas caracterizadas por un conjunto definido de minerales formados bajo unas condiciones metamórficas particulares (Figura 3.6) (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

Los tipos metamórficos se pueden dividir de acuerdo a:

Presión: series de Alta presión, de presión intermedia y de baja presión.

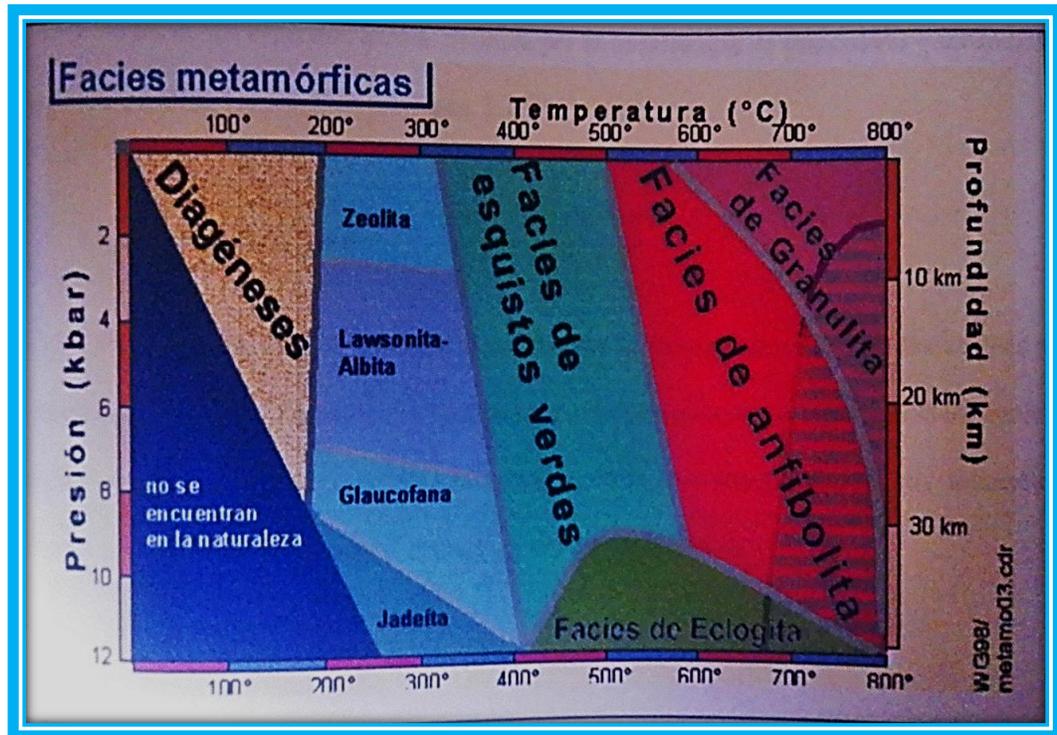


Figura 3.6 diferentes facies metamórficas de las rocas, según a la temperatura y presión que sean sometidas (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

Temperatura: metamorfismo de grado muy bajo, grado bajo, grado medio y grado alto; de acuerdo al aumento en la temperatura.

3.7.1 Series de muy bajo grado.

3.7.1.1 Facies de la zeolita y lawsonita: empieza con la desaparición de zeolitas diagenéticas y la aparición de zeolitas metamórficas (como laumontita). Es posible

conservar texturas reliquias de la roca ígnea o sedimentaria. Al aumentar la presión aparece lawsonita. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

3.7.1.2 Facies de los esquistos azules: definida por la coexistencia de glaucofano más lawsonita. Es de alta presión. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

3.7.2 Series de bajo grado.

3.7.2.1 Facies de los esquistos verdes: definidas por la desaparición de todas las zeolitas y prehnita. Pumpellita y lawsonita. Se caracteriza por la presencia de minerales de color verde: clorita, epidoto, actinolita. Las texturas reliquias de la roca desaparecen y hay foliación. Pueden ser de baja a alta presión. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

3.7.3 Series de grado medio

3.7.3.1 Facies de la anfibolita: en esta facie se eliminan la albita y la clorita. Se caracteriza por la presencia de hornblenda acompañada por biotita, almandino, muscovita y oligoclasa. A temperaturas muy elevadas se descompone la muscovita y se pasa a la facies de la granulita. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

3.7.4 Series de grado alto.

3.7.4.1 Facies de la granulita: se caracteriza por la destrucción total de la muscovita y la eliminación de la foliación (textura granoblástica). Estas rocas se encuentran en las partes profundas de la corteza continental. Se caracteriza por la presencia de hipersteno. Los minerales presentes son anhídros (sin agua) como cuarzo, ortosa, plagioclasa, almandino y piroxenos. Si existen minerales hidratados ocurre la anatexis o fusión parcial de estas rocas. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

3.8 Facies del metamorfismo de contacto.

Son facies de baja presión. Son rocas generalmente masivas, granoblásticas. Están ausentes los minerales de alta presión como estaurolita y cianita. Se forman las rocas conocidas como hornfels. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

3.8.1 Eclogitas

No es una facies propiamente. Son rocas de composición basáltico-gabroide, constituidas por clinopiroxeno, granate y rutilo. Generalmente masivas. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

3.9 Texturas de las rocas metamórficas.

En el caso de las rocas metamórficas se considera el tamaño medio de los cristales, esta propiedad es (s.1.) indicativa del grado metamórfico alcanzado; un mayor grado de cristalinidad indica que las rocas alcanzaron mayor grado metamórfico: (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

Bajo: son rocas en las cuales los cristales no son identificables a simple vista (p.ej. algunas pizarras). (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

Medio: son rocas en las cuales los cristales son identificables a simple vista o con una lupa (p.ej. un esquisto) (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

Alto: Son rocas en las cuales los cristales han alcanzado un tamaño notable. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

3.9.1 Forma y distribución del tamaño de los cristales.

En este apartado se describen los principales tipos de texturas de las rocas metamórficas. Que, habitualmente, deben establecerse con la ayuda de un microscopio,

no obstante el alumno deberá de tratar de identificarlas, en la medida de lo posible, mediante la observación de las muestras de mano. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

Granoblástica: el tamaño de todos los cristales es parecido y forman un mosaico de granos con tendencia al empaquetado hexagonal, suele ser característica de las rocas metamórficas monominerales (cuarcitas, mármoles, etc.) y de las corneadas, es decir, de rocas metamórficas que se formaron bajo condiciones estáticas. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

Lepidoblástica: Está definida un apilamiento de minerales planares (micas), los cuales están orientados de forma que sus caras planares son paralelas entre sí. Suele ser característica de las rocas metamórficas micáceas (esquistos, micacitas, algunos gneises, etc.). (Anumancin, R y Rivas M (2007).

Nematoblástica: Es similar a la lepidoblástica, sólo que en este caso el apilamiento no es de minerales con hábito planar sino acicular. Suele ser característica de las anfibolitas. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

Porfidoblástica: Cuando se observa una serie de cristales de gran tamaño (porfidoblastos) englobados en una matriz compuesta por granos de un tamaño

sensiblemente menor, es decir, existen dos poblaciones distintas de cristales. Generalmente. Los porfidoblastos son minerales índices que nos indican las condiciones que se alcanzaron durante el metamorfismo. Por consiguiente, es importante su identificación. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

3.9.2 Microestructuras.

Cuando el Proceso metamórfico se produce bajo condiciones de presiones dirigidas y existen minerales que puedan desarrollar un hábito planar o prismático, éstos suelen crecer orientados, disponiéndose perpendiculares a la dirección desde la que se ejercen las presiones máximas (Figura 3.7). Desarrollándose en este caso una fábrica planar en la roca denominada foliación (las rocas suelen fracturarse siguiendo los planos de foliación). (Anumancin, R y Rivas M (2007).

Existen diferentes tipos de foliación, dependiendo del grado de metamórfico alcanzado y de la mineralogía de la roca inicial:

Pizarrosidad: este tipo de foliación está definida por la cristalización orientada de minerales planares muy pequeños, no visibles a simple vista (fundamentalmente micas). La pizarrosidad es característica de condiciones de bajo grado metamórfico (baja P y T). (Anumancin, R y Rivas M (2007).

Esquistosidad: cuando aumenta el grado metamórfico los minerales planares aumentan de tamaño y son visibles a simple vista. En algunos casos en las superficies de foliación se observan grandes placas de micas, que le dan un aspecto escamoso. La esquistosidad es característica de condiciones de grado metamórfico medio - alto. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

Bandeado gnéisico: durante el metamorfismo en grado alto las migraciones iónicas pueden ser lo suficiente grandes como para causar, además de la orientación de los minerales con hábito planar, la segregación de minerales en capas. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

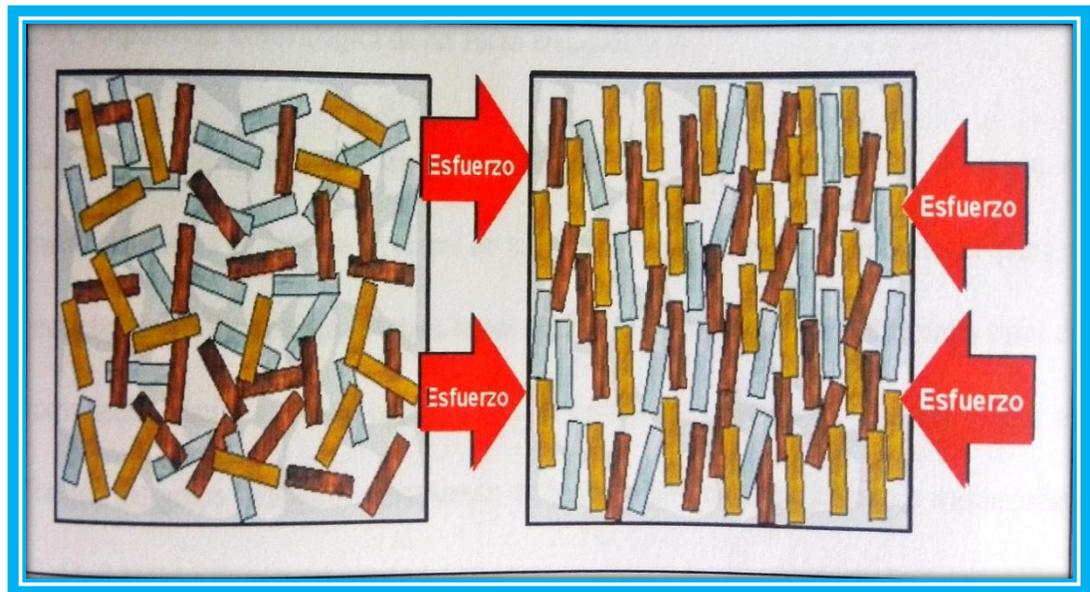


Figura 3.7 Microestructuras (Anumancin, R y Rivas M (2007).

Estas segregaciones producen bandas de minerales claros y oscuros, que confieren a las rocas metamórficas un aspecto bandeado muy característico. A este conjunto las denominamos bandeo gnéisico, y es propio del metamorfismo de alto grado. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

Esquistosidad de crenulación: cuando la roca ha sido sometida a dos procesos de deformación diferentes separados en el tiempo, es decir, a dos direcciones de compresión diferentes es posible observar dos sistemas de foliaciones que se cortan entre sí. Generalmente una de ellas está plegada, definiendo una serie de pequeños arcos poligonales. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

El tipo de foliación está también relacionado con el tamaño de grano y, por tanto, con el grado de metamorfismo que ha sufrido la roca. Las rocas que presentan pizarrosidad tienen el grano muy fino o fino, las que presentan esquistosidad tienen el grano grueso y, por último, las que tienen bandeo gnéisico definido tienen el grano grueso o muy grueso. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

3.10 Composición mineralógica de las rocas metamórficas.

La composición química de las rocas metamórficas es muy variada, debido a que el metamorfismo es un proceso en el que no varía de forma apreciable la

composición química premetamórfica y, por tanto, tenemos tantas posibles composiciones como diferentes tipos de rocas sedimentarias e ígneas. Generalmente, se establecen cuatro series composicionales en función del grupo litológico - geoquímica de rocas de las que procede la roca metamórfica (Tabla 3.2). (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

No obstante, durante el proceso metamórfico sí se producen importantes cambios en la mineralogía entre la roca inicial premetamórfica y el producto final. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

Tabla 3.2 series composicionales en función del grupo litológico-geoquímicos de rocas (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

Serie	Rocas preexistentes
<i>Ultramáficas</i>	R. ígneas ultramáficas
<i>Máficas</i>	R. ígneas máficas
<i>Pelítico-</i>	R. sedimentarias ricas en Si y Al.
<i>Calcosilicatadas</i>	R. sedimentarias carbonatadas

Muchos de los minerales que se forman durante el metamorfismo sólo pueden formarse en unos intervalos presión, temperatura o P/T muy restringidos. A estos minerales que pueden darnos información sobre las condiciones de presión y temperatura que alcanzó una roca durante el metamorfismo, se les denominan minerales índices. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

Por lo tanto, podemos concluir que la composición mineralógica de una roca metamórfica va a depender de la composición de la roca inicial, y del grado de metamorfismo que haya alcanzado. Siendo el objetivo del estudio de las rocas metamórficas establecer con precisión esos dos parámetros: tipo de protolito y condiciones metamórficas desarrolladas. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

3.11 Clasificación de las rocas metamórficas.

La clasificación de las rocas metamórficas es muy compleja, aunque de una manera muy simplificada podemos basarla en la presencia o ausencia de foliación y en la composición mineralógica. De esta forma podemos establecer dos grandes grupos: las rocas foliadas y las no foliadas. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

Rocas foliadas: a su vez, las rocas foliadas pueden subdividirse, en función del tipo de foliación, tamaño de grano, y minerales índice. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

Pizarra: roca de grano muy fino, con minerales planares abundantes. Las pizarras son propias de metamorfismo de bajo grado (protolito: rocas detríticas de grano fino). (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

Esquisto: roca de grano grueso que contiene más de un 20% de minerales planares. Es una roca característica del metamorfismo de grado medio (protolito: varios tipos de rocas detríticas y volcánicas). (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

Gneis: roca de grano grueso, que presenta minerales alargados y granulares en las bandas claras y planares en las oscuras. Es propia del metamorfismo de alto grado (protolito: granitos--ortogneis, ortogneises glandulares; rocas sedimentarias--paragneis). (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

Rocas no foliadas: generalmente están compuestas por un solo mineral (monominerales) cuyos cristales se caracterizan por tener un hábito equidimensional.

Las rocas metamórficas no foliadas más características son: (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

Mármol: roca metamórfica de grano grueso, compuesta por granos de calcita. Esta roca proviene del metamorfismo de calizas o dolomías. Las impurezas pueden darle diferentes coloraciones. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

Cuarcita: roca metamórfica compuesta por granos de cuarzo, que proviene del metamorfismo de areniscas ricas en cuarzo. En algunos casos, las estructuras sedimentarias de las areniscas (estratificaciones cruzadas,...) se conservan dando lugar a bandeados. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

Corneanas: son rocas que han sufrido metamorfismo de contacto y no tienen fábrica planar, pero sí minerales índice desarrollados en mayor o menor grado. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

3.12 Características de las rocas metamórficas.

3.12.1 Esquistos.

Los esquistos son cualquiera de las rocas originadas por metamorfismo regional que presente estructura laminar, y aspecto pizarroso y homogéneo; especialmente aquellos cuyas superficies de exfoliación poseen brillos satinados. Contienen minerales en granos grandes y muchos otros micáceos (a la orientación de las micas se debe su brillo satinado), todos ellos distribuidos microscópicamente mediante alineaciones diferenciadas. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

De todas las rocas de metamorfismo regional. El esquisto es sin duda la más abundante, existiendo una gran variedad de ellos que pueden derivar tanto de rocas ígneas, como de sedimentarias y de metamórficas de menor grado. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

3.12.2 Pizarra.

Las pizarras son rocas originadas por metamorfismo regional, a base de rocas sedimentarias arcillosas. Son de color negro azulado y grano muy fino. Su textura es esquistosa y se puede dividir fácilmente en hojas delgadas y planas. (Anumancin, R y Rivas M (2007)).

3.12.3 Gneis.

Foliación irregular, alternancia de bandas claras (cuarzo-feldespáticas) intercaladas de bandas oscuras. (Anumancin, R y Rivas M (2007))

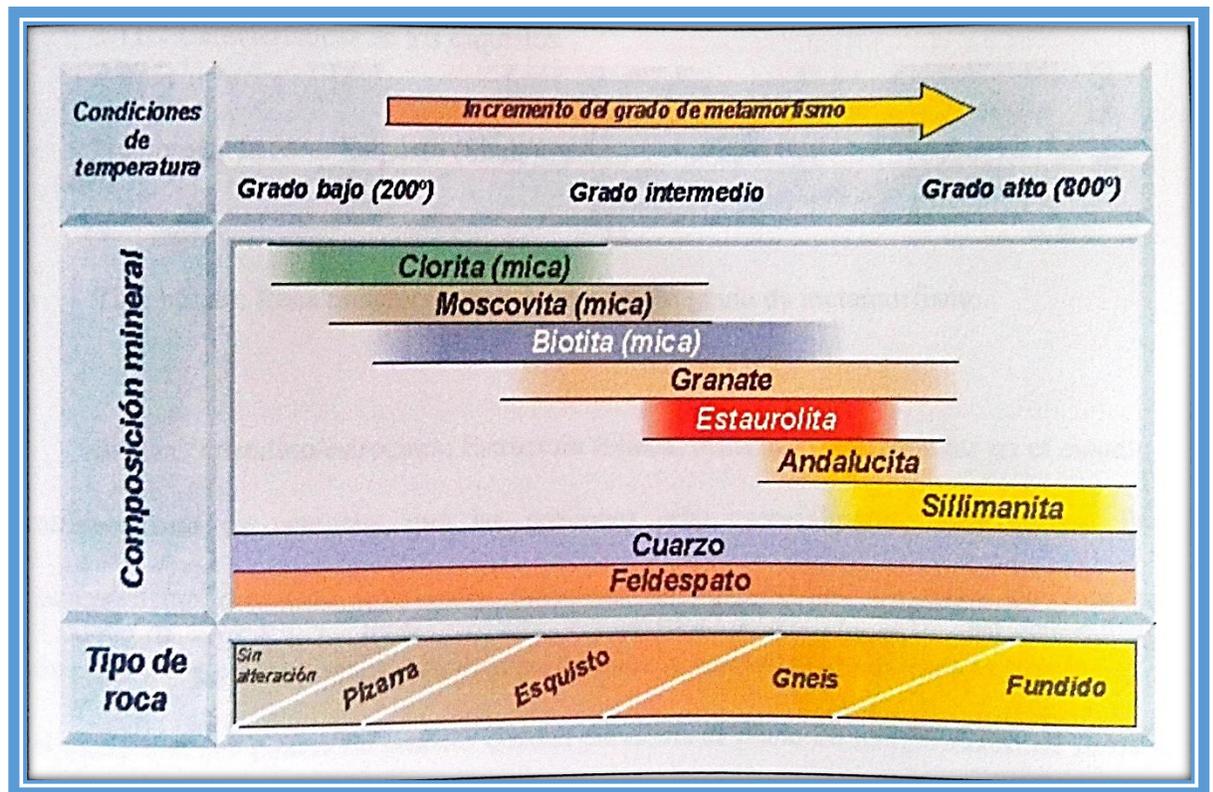


Figura 3.8 Composición mineral. (Anumancin, R y Rivas M (2007))

3.13. Formación de roca metamórfica según el ciclo de las rocas.

La tercera etapa del ciclo tiene lugar cuando las rocas sedimentarias quedan enterradas a gran profundidad o se ven afectadas por la formación de montañas (orogénesis), que se asocia con movimientos de las placas de la corteza terrestre (Figura

3.9). Quedan de esta forma expuestas a distintos grados de presión y calor y así se transforman en rocas metamórficas. Por ejemplo, la arcilla se convierte en pizarra, y el granito puede transformarse en gneis; una forma de caliza se convierte en mármol cuando se ve sometida a fenómenos metamórficos. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

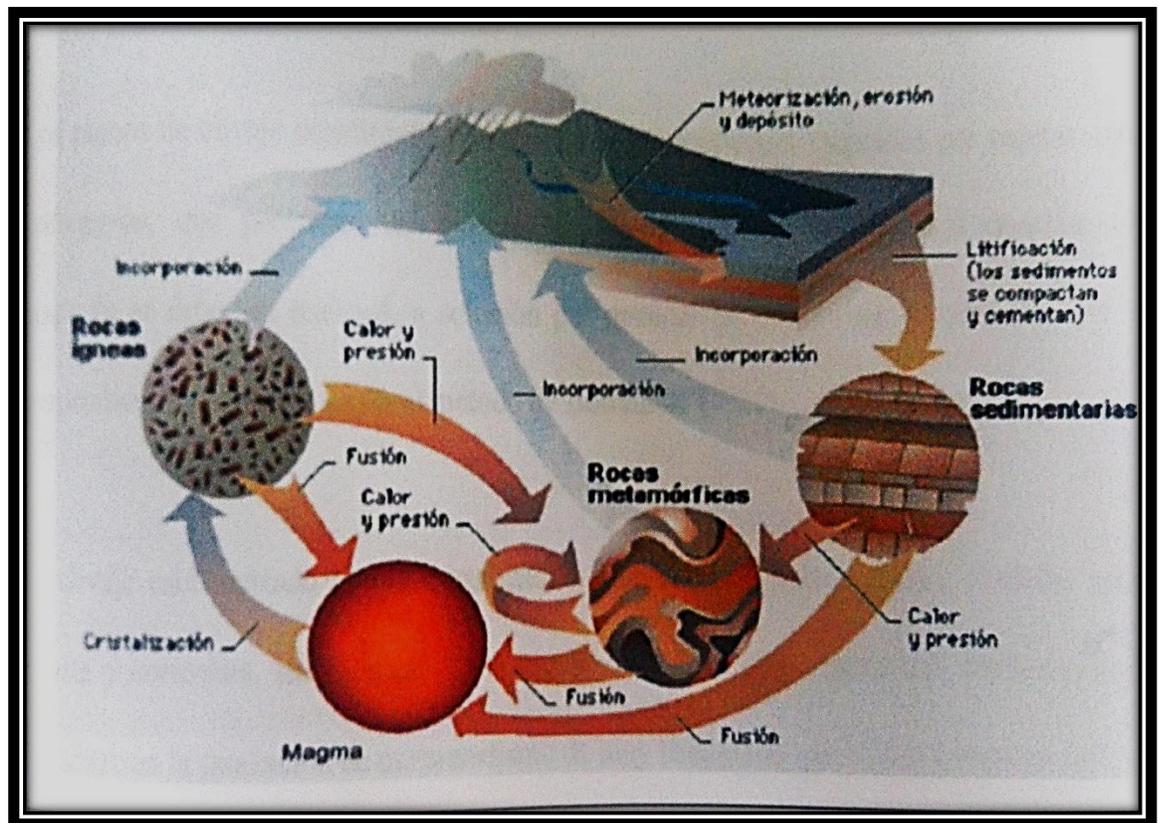


Figura 3.9 Ciclo de formación de las rocas. (Anumancin, R y Rivas M (2007).

3.14 Charnockita

Las charnockitas son rocas granoblásticas que contienen antiperita, plagioclasa sódica, hiperstena, diópsido, granate y minerales metálicos. Las charnockitas son, por tanto, variedades de granulitas en el sentido más amplio, caracterizados por la presencia de un piroxeno o piroxenos. La mayoría de las rocas llamadas granitos piroxénicos son similares a las charnockitas y las charnockitas félsicas (ácidas) son granulitas en sentido estricto (Nieves O. (2012).

Se ha postulado un origen metamórfico en altas temperaturas y presiones para la charnockita en la facie de granulita, es decir sería un tipo de granulita. También se ha postulado su formación a partir de magma pobre en agua. Las charnockitas ocurren principalmente en terrenos precámbricos con grados altos de metamorfismo. (Nieves O. (2012).



Figura 3.10 Charnockita (turnstone 2011) (<https://turnstone.ca/charnock.htm>)

3.14.1 Minerales de la charnockita

Las tres variedades principales de charnockitas se diferencian esencialmente por la relación existente entre los constituyentes de color claro y de color oscuro. Las charnockitas félsicas (ácidas) contienen mayor cantidad de silicio (Si) que las variedades intermedias y máficas, así como más ortosa y algo más plagioclasa sódica. En las charnockitas máficas, la plagioclasa es el feldespato predominante, de andesita sódica a oligoclasa cálcica, por lo común aunque en rocas de algunas localidades llega a ser tan cálcica como An55-70; gran parte de antipertítica, con laminillas y burbujas de ortosa. La plagioclasa rara vez está maclada, rasgo característico de la mayoría de las charnockitas, el diópsido puede ser más abundante que la hiperstena, que es débil o fuertemente pleocroica y algunos cristales de diópsido contienen laminillas de ilmenita. Puede estar presente hasta el 20% de granate de color lila (piropo-almandino), los accesorios son la hornblenda (que puede ser esencial en algunas variedades), biotita, apatito, ilmenita, hematitas y magnetita. En las charnockitas intermedias la ortosa se presenta en granos individuales y como inclusiones e oligoclasa antipertítica, existiendo gradaciones entre la oligoclasa antipertítica y la ortosa pertítica. Por lo general, el diópsido es más abundante que la hiperstena, que es más rica en hierro que en las charnockitas máficas, en algunas variedades la hornblenda es de color pardo verdoso oscuro pobre en OH, es más abundante que los piroxenos, los minerales accesorios son el apatito, circón, biotita, minerales metálicos y con menos frecuencia

la epidota y la esfena; los secundarios son: cuarzo, calcita y serpentina, según hiperstena. (Nieves O. (2012).

3.14.2 Textura de las charnockitas.

La textura es granoblástica, uniforme, de grano fino a medio, aunque en algunas variedades aparezcan grandes cristales de diópsido. Normalmente todos los constituyentes son alotrifomorfos, con parte del diópsido y esqueletos de cristales de granate. El bandeo o rayado finos son característicos de algunas charnockitas, con capas de minerales máficos (hiperstena más granate; diópsido; hornblenda) alternando con otras feldespáticas. Algunas charnockitas máficas han sido llamadas gneis piroxénicos. La hiperstena forma aureolas o crecimiento continuos sobre el diópsido, siendo raro que los núcleos de hiperstena aureolas formados por cristales aislados de diópsido. La presencia de abundante antipertita y la ausencia de maclado en las plagioclasas, son rasgos texturales característicos. (Nieves O. (2012).



Figura 3.10 donde se puede apreciar la textura granoblástica de la charnockita y sus minerales (Wikipedia 2011) (<https://es.wikipedia.org/wiki/Charnockita>)

3.14.3 Usos de las charnockitas

Las Charnockitas generalmente se utilizan para la pavimentación, materiales de construcción, también se emplean en forma de láminas pulidas y algunas veces para la decoración también se usa con frecuencia en la elaboración de lapidas. (ugr.es 2012).

3.15 Rocas ornamentales y sus usos

Roca ornamental es el nombre que recibe la roca natural que se ha extraído y formado según determinadas dimensiones o especificaciones para su uso en la construcción, así como en la producción de esculturas, monumentos y lápidas. Básicamente, el término se refiere a cualquier piedra que pueda ser extraída en grandes bloques y posteriormente procesada en losas, bloques, baldosas o adoquines. En la práctica, hay un límite difuso entre la piedra de dimensiones clásicas, que es en gran medida decorativa, y los materiales de construcción de tamaño natural, donde las características físicas de las rocas se utilizan para producir regularmente piedra de construcción trabajada. (Epiroc.com 2023).

Desde una perspectiva histórica, la producción y uso de rocas ornamentales se remonta al pasado lejano con, por ejemplo, monumentos mesolíticos y neolíticos en Europa, Oriente Medio y otros lugares, claramente construidos con piedra trabajada. Las arquitecturas clásicas griega y romana presentan altos niveles de habilidad en el uso de las rocas ornamentales. Por ejemplo, los romanos descubrieron y explotaron la única fuente conocida de pórfido para usar en columnas decorativas para su templo de Júpiter. Esta tarea involucró la extracción de la piedra en piezas con tamaño de columnas en las colinas del Mar Rojo del este de Egipto, y luego transportarlas por tierra y mar hasta Roma. Los elementos de la Gran Pirámide también se obtuvieron a grandes distancias antes de ser cortados a dimensiones precisas, mientras que otros ejemplos de mampostería de piedra de alta calidad se pueden encontrar en todos los continentes. (Epiroc.com 2023).

Las piedras comerciales más utilizadas hoy en día incluyen el mármol, el granito, la pizarra y la arenisca, que se pueden encontrar con una amplia gama de propiedades visuales y físicas. Sin embargo, esta no es en absoluto una lista exhaustiva y se pueden incluir rocas como la caliza, el basalto, el gabro, el travertino y la toba también, muy usadas si sus propiedades son adecuadas. De origen volcánica, la toba es esencialmente una roca muy blanda, pero es fácil de usar. Algunos ejemplos de su uso van desde un material de construcción y revestimiento en muchos edificios de Armenia, hasta las gigantescas estatuas moai de la isla de Pascua. Las principales cualidades de

las rocas ornamentales que determinan su popularidad y uso incluyen su color, patrones y textura, su durabilidad y la homogeneidad del suministro. Los diferentes mercados exigen distintas características de calidad. (Epiroc.com 2023).

Las rocas ornamentales son uno de los materiales más sostenibles utilizados en la construcción, revestimiento, pavimentación y otras aplicaciones. Se remontan a las estatuas de Moai en la Isla de Pascua y su popularidad vuelve a aumentar; además, con el equipo adecuado, la explotación de estas canteras es más asequible que nunca. (Epiroc.com 2023).

En los últimos años, la producción global de rocas ornamentales ha crecido rápidamente, especialmente en proyectos de construcción, donde los arquitectos están haciendo un uso cada vez mayor de la amplia variedad de colores, texturas y acabados que pueden ofrecer estas rocas. Y, aunque el uso de rocas está creciendo, nuestra capacidad para cortar y procesar roca dura de forma más eficiente ha llevado a un gran aumento en los tipos y colores de los materiales que se suministran al mercado. (Epiroc.com 2023).

Además de su uso en la construcción, las rocas ornamentales también es necesaria para la albañilería monumental, ya que es la materia prima para esculturas, monumentos y lápidas. En la actualidad, siete países (China, India, Turquía, Irán, Italia,

Brasil y España) representan alrededor de dos tercios de la producción mundial de rocas ornamentales. En general, existe una tendencia hacia el uso de la roca siempre que esto sea económicamente posible, lo que marca el regreso a las prácticas tradicionales. (Epiroc.com 2023).

3.15.1 Producción de las rocas ornamentales.

Las rocas ornamentales se extraen cortando o separando por otros medios bloques grandes de piedra de la masa de roca natural. El tamaño de los bloques individuales producidos depende de una serie de factores, incluida la homogeneidad de la propia roca, la capacidad del operario de la cantera para manejar la piedra en bruto y el uso final requerido para la roca una cuando se le haya dado forma. Un tamaño de bloque típico puede ser del orden de 6 m³ (200 ft³), lo que supondría un peso de bloque de 10–18 t, dependiendo de la densidad. La forma en que se opera una cantera de rocas ornamentales puede variar enormemente. (Epiroc.com 2023).

Las características físicas de la masa de roca (su homogeneidad y si existen líneas definidas de debilidad, como la fractura o laminación regulares), el tamaño de los recursos, el mercado de sus productos y los recursos financieros del operador desempeñan un papel importante a la hora de decidir el diseño y la capacidad de la cantera. En una operación a gran escala, la primera etapa de la producción consiste en

soltar bloques individuales que pueden contener miles de metros cúbicos de material, a partir de bancos de canteras de 10 m o más de altura. (Epiroc.com 2023).

Por el contrario, una cantera a pequeña escala puede tener un rendimiento muy limitado, producir bloques de materia prima con un peso de 5–10 t y tener una altura del banco inferior adecuada para la tecnología de producción disponible. Sin embargo, el concepto general es el mismo: producir bloques de materia prima que se puedan procesar para obtener un producto de mayor valor. De esta forma, el bloque en bruto es un activo valioso por derecho propio y debe manejarse con cuidado: los bloques fragmentados pequeños e irregulares son menos comercializables que los grandes. Como resultado, los bloques con más valor se tratan con cuidado. (Epiroc.com 2023).

Algunos operarios, por ejemplo, utilizan una «almohada» de tierra o arena para apoyar los bloques de piedra bruta recién aflojados mientras se manipulan en la cantera. Para materiales más duros como el granito u otras rocas intrusivas, los bloques generalmente se separan de la superficie de la cantera perforando una línea de orificios poco espaciados y alineados con precisión e insertando cuñas y calzas (a veces llamados taponés y plumas) en ellos. Colocar las cuñas dentro de los orificios de forma secuencial hace que la roca se agriete a lo largo de la línea de los orificios, permitiendo así que el bloque se suelte. Las rocas más blandas, como el mármol, pueden cortarse con cortadoras de hilo diamantado, mientras que los bloques de piedra caliza blanda

(pero no cristalina) a menudo se cortan con sierras mecánicas. Los grandes volúmenes de materiales, como la pizarra, se pueden soltar mediante el uso cuidadoso de explosivos de baja energía, como la pólvora negra, colocados en orificios perforados previamente a lo largo de un banco de la cantera. (Epiroc.com 2023).

El objetivo aquí, por supuesto, es soltar la piedra bruta lo suficiente sin fragmentarla, lo que la haría inútil para la fabricación de pizarra para tejados o monumentos. También se pueden utilizar pequeñas cantidades de explosivos para liberar bloques de material más duro del suelo del banco de la cantera. Los bloques de piedra se trasladan de la cantera a la planta de procesamiento mediante grandes cargadores delanteros y camiones con plataforma. Los bloques brutos se pueden almacenar en la cantera como inventario o llevarse inmediatamente para su procesamiento en una planta de fabricación; a menudo se integran en la explotación de la cantera o se ubican cerca para reducir los costes de transporte. (Epiroc.com 2023).

Los bloques sin procesar se someten a una serie de pasos de procesamiento, dependiendo del producto final requerido. Por lo general, esto implica el uso de corte húmedo en bloques de dimensiones precisas o losas finas con hilos diamantados o sierras circulares, seguido, si es necesario, de un pulido o bruñido. (Epiroc.com 2023).

El grosor de las rocas ornamentales depende nuevamente del uso final, el revestimiento arquitectónico o pavimento comercial requiere una sección más gruesa que, por ejemplo, el material destinado al revestimiento de interiores domésticos o alicatado. Las canteras de rocas ornamentales suelen tener operaciones bastante pequeñas que abastecen la demanda local. Además, las empresas de rocas ornamentales a veces tienen varias canteras para diferentes tipos o colores de rocas que funcionan de forma intermitente, dependiendo de la demanda de una roca en particular. Los escombros de rocas inutilizables se trituran y venden como agregados para la construcción. (Epiroc.com 2023).

3.16 Cantera

Una cantera es una explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o áridos. Las canteras suelen ser explotaciones de pequeño tamaño, aunque el conjunto de ellas representa, probablemente, el mayor volumen de la minería mundial. La operación de las canteras en algunas jurisdicciones se encuentra regulada para reducir su impacto ambiental. (Wikipedia 2022).

3.17 Meteorización .

La meteorización es la desintegración de los materiales en superficie. El término incluye todas aquellas alteraciones de carácter físico y químico que modifican las características y propiedades de los materiales (Luis I. Gonzalez De Vallejo 2002)

La meteorización es un proceso pasivo que consiste en los cambios físicos (fracturación y fragmentación), y químicos (transformación de materia inicial o primaria) de las rocas que se encontraron en o muy cerca de la superficie terrestre, por efecto del agua, las variaciones de la temperatura, por acción de las raíces de las plantas y seres vivos entre otros. (Tarbuck, E. y Lutgens, F. (2005).

3.17.1 Meteorización mecánica.

Cuando una roca experimenta meteorización mecánica, se rompe en fragmentos cada vez más pequeños, que conservan cada uno las características del material original. El resultado final son muchos fragmentos pequeños procedentes de uno grande. En la Figura 3.11 se muestra que la ruptura de una roca en trozos más pequeños aumenta el área superficial disponible para el ataque químico. Una situación análoga se produce cuando se añade azúcar a un líquido: un cubito de azúcar se disolverá mucho más despacio que un volumen igual de gránulos de azúcar porque el cubito tiene mucha menos área superficial disponible para su disolución. Por

consiguiente, al romper las rocas en fragmentos más pequeños, la meteorización mecánica incrementa la cantidad de área superficial disponible para la meteorización química. (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).



Figura 3.11 La meteorización química puede ocurrir sólo en aquellas porciones de una roca que quedan expuestas a los elementos. La meteorización mecánica rompe la roca en fragmentos cada vez más pequeños, lo que aumenta el área superficial disponible para el ataque químico. (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

En la naturaleza, hay cuatro procesos físicos importantes que inducen la fragmentación de la roca: fragmentación por helada, expansión provocada por la descompresión, expansión térmica y actividad biológica. Además, aunque la acción de los agentes erosivos, como el viento, el hielo de glaciación y las aguas corrientes, se considera independiente de la meteorización física, ésta es, sin embargo, importante. Conforme estos agentes dinámicos retiran los restos rocosos, desintegran inexorablemente estos materiales. (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

3.17.1.1 Gelifracción o fragmentación por hielo

Ciclos repetidos de congelación y deshielo representan un proceso importante de meteorización mecánica. El agua líquida tiene la propiedad única de expandirse alrededor de un 9 por ciento cuando se congela, porque en la estructura Cristalina regular del hielo, las moléculas de agua están más separadas de lo que están en el agua líquida próxima al punto de congelación. Como consecuencia, la Congelación del agua en un espacio confinado ejerce una tremenda presión hacia fuera sobre las paredes del lugar donde se encuentra. Para verificar esto, consideremos una Jarra de vidrio herméticamente sellada llena de agua. Cuando el agua se congela, el envase se rompe.

En la naturaleza, el agua se abre camino a través de las Grietas de las rocas y, tras su congelación, expande y aumenta el tamaño de esas aberturas. Después de muchos ciclos de congelación-deshielo, la roca se rompe en fragmentos angulares. Este proceso se denomina, con toda propiedad, rotura por cuñas de hielo (gelifracción). (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

3.17.1.2 Descompresión

Cuando grandes masas de roca ígnea, en particular granito, quedan expuestas a la erosión, empiezan a soltarse losas concéntricas. El proceso que genera estas capas es semejante a las de una cebolla se denomina lajeamiento. Se piensa que esto ocurre,

al menos en parte, debido a la gran reducción de la presión que se produce cuando la roca situada encima es erosionada, a este proceso se denominado descompresión. (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

3.17.1.3 Expansión térmica

El ciclo diario de temperatura puede meteorizar las rocas, en particular en los desiertos cálidos donde las variaciones diurnas pueden superar los 30 °C. El calentamiento de una roca produce expansión y el enfriamiento causa contracción. La dilatación y reducción repetida de minerales con índices de expansión diferentes deben ejercer lógicamente cierta tensión sobre la capa externa de la roca. (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

3.17.1.4 Actividad biológica

Las actividades de los organismos, entre ellos las plantas, los animales excavadores y los seres humanos, también llevan a cabo meteorización. Las raíces vegetales crecen entre las fracturas en busca de nutrientes y agua, y, conforme crecen, resquebrajan la roca. Los animales excavadores descomponen aún más la roca desplazando material fresco hacia la superficie, donde los procesos físicos y químicos pueden actuar con más efectividad. Los organismos de la descomposición también producen ácidos que contribuyen a la meteorización química. (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

3.17.2 Meteorización química.

Por meteorización química se entienden los complejos procesos que descomponen los componentes de las rocas y las estructuras internas de los minerales.

Dichos procesos

convierten los constituyentes en minerales nuevos o los liberan al ambiente circundante. Durante esta transformación, la roca original se descompone en sustancias que son estables en el ambiente superficial. Por consiguiente, los productos de la meteorización química se mantendrán esencialmente inalterados en tanto en cuanto permanezcan en un ambiente similar a aquel en el cual se formaron. El agua es con mucho el agente de meteorización disolvente más importante. El agua pura sola es un buen disolvente y cantidades pequeñas de materiales disueltos dan como resultado un aumento de la actividad química para las soluciones de meteorización. Los principales procesos de meteorización química son la disolución, la oxidación y la hidrólisis. El agua desempeña un papel principal en cada uno de ellos. (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

3.17.2.1 Disolucion

Quizás el tipo de descomposición más fácil que se pueda imaginar es el proceso de disolución. Exactamente igual a como se disuelve el azúcar en el agua lo hacen ciertos minerales. Uno de los minerales más hidrosolubles es la halita (sal común) que, como quizá recuerde, está compuesta de iones sodio y cloro. La halita se disuelve fácilmente

en agua porque, aunque este compuesto mantiene una neutralidad eléctrica general, sus iones individuales conservan sus cargas respectivas. (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

3.17.2.2 Oxidacion.

Todos hemos visto objetos de hierro y de acero que se oxidaron cuando quedaron expuestos al agua. Lo mismo puede ocurrir con los minerales ricos en hierro.

El proceso

de oxidación se produce cuando el oxígeno se combina con el hierro para formar el óxido férrico, Este tipo de reacción química, denominado oxidación, se produce cuando se pierden electrones de un elemento durante la reacción. En este caso, decimos

que el hierro se oxidó porque perdió electrones en favor del oxígeno. (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

3.17.3 Hidrolisis.

El grupo mineral más común, el de los silicatos, se descompone sobre todo mediante el proceso de hidrólisis (hydro = agua; lysis = aflojamiento), que consiste básicamente en la reacción de cualquier sustancia con el agua. Idealmente, la hidrólisis de un mineral podría tener lugar en agua pura conforme algunas de las moléculas de agua se disocian para formar los iones muy reactivos hidrógeno (H^+) e hidroxilo (OH^-). Son los iones de hidrógeno los que atacan y sustituyen a otros iones positivos encontrados en el retículo cristalino. Con la introducción de los iones hidrógeno en la estructura cristalina, se destruye la disposición ordenada original de los átomos y se descompone el mineral. (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

3.18 Saprolita.

Es el producto final de la meteorización in situ, en la que se conserva la estructura rocosa, aunque la composición de la roca matriz se haya alterado y tenga menos resistencia que la roca sana (Tejada, G. 1994).

3.19 Macizos rocosos.

La matriz rocosa es el material rocoso exento de discontinuidades, o bloques de roca intacta que quedan entre ellas. La matriz rocosa, a pesar de considerarse continua, presenta un comportamiento heterogéneo y anisótropo ligado a su fábrica y a su microestructura mineral. Mecánicamente queda caracterizada por su peso específico, resistencia y deformabilidad (González de Vallejo, L. 2002).

3.20 Petrografía.

La petrografía es la rama de la geología que se ocupa del estudio e investigación de las rocas, en especial en cuanto respecta a su aspecto descriptivo, su composición mineralógica y su estructura. Se complementa así con la petrología, disciplina que se centra principalmente en la naturaleza y origen de las rocas Alba Jac; Reinales Victor (2014).

3.20.1 Análisis petrografico.

Un análisis petrográfico es aquel donde se plasma de forma detallada con ayuda del microscopio petrográfico, todas las propiedades ópticas de la roca, entre ellas, las características texturales de la muestra, particularidades mineralógicas, porcentaje de minerales presentes en la sección, rasgos estructurales a nivel de cada mineral como en toda la sección rocosa, entre otros aspectos; para de esta manera

generar una descripción o reporte completo y preciso del material estudiado, dando así importantes detalles, como génesis, emplazamiento, tipo de magma generador, metamorfismo (a nivel microscópico), en caso de que lo haya, nivel de meteorización, transporte, entre otros, originando de esta manera información concluyente de la muestra como su nombre, familia a la que pertenece, o variación con respecto a sus similares debido a su composición. (Alba Jac; Reinales Victor (2014))

3.20.2 Sección delgada.

Las láminas delgadas o secciones delgadas son preparaciones que se realizan en rocas para su estudio con microscopio petrográfico, y que consisten en rodajas de la roca de un espesor de 30 μm que se adhieren a láminas de vidrio (porta objeto) mediante resina epoxi, para posteriormente ser recubiertas por otra lámina de vidrio (cubre objeto). También se puede realizar esta preparación en sedimentos sueltos si previamente se les añade una resina que, al consolidar, se comporta como si fuera el cemento de la roca Alba Jac; Reinales Victor (2014).

3.21 Análisis granulométrico.

El análisis granulométrico se usa Para conocer la proporción de cada material que tiene un suelo, utilizando la vía seca para partículas de tamaños superiores a 0,075 mm, y la granulometría por sedimentación mediante el hidrómetro (vía húmeda) para tamaños iguales o inferiores a 0,075 mm. Los primeros se llevan a cabo tomando una

muestra representativa del suelo, secándola y disgregando en seco el conjunto de partículas. A esta muestra se la hace pasar por un conjunto de tamices (cuyos tamaños suelen ir disminuyendo en progresión geométrica de razón 2) agitando el conjunto. Después se pesa lo retenido en cada tamiz, con lo que, conocido el peso inicial de la muestra, se determina el porcentaje de material, que pasa por el tamiz. (Luis I. Gonzalez De Vallejo 2002).

3.22 Suelos.

La superficie de la Tierra está cubierta por el regolito, la capa de roca y fragmentos minerales producidos por meteorización. Algunos llamarían suelo a este material, pero el suelo es más que la acumulación de restos meteorizados. El suelo es una combinación de materia mineral y orgánica, agua y aire: la porción del regolito que sustenta el crecimiento de las plantas. Aunque las proporciones de los principales componentes que hay en el suelo varían, siempre están presentes los mismos cuatro componentes, Alrededor de la mitad del volumen total de un suelo superficial de buena calidad está compuesto por una mezcla de roca desintegrada y descompuesta (materia mineral) y de humus, los restos descompuestos de la vida animal y vegetal (materia orgánica). La otra mitad consiste en espacios porosos entre las partículas sólidas donde circula el aire y el agua. (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

Aunque la porción mineral del suelo suele ser mucho mayor que la porción orgánica, el humus es un componente esencial. Además de ser una fuente importante de nutrientes vegetales, el humus potencia la capacidad del suelo para retener agua. Dado que las plantas precisan aire y agua para vivir y crecer, la porción del suelo consistente

en espacios porosos que permiten la circulación de esos fluidos es tan vital como los constituyentes del suelo sólido. El agua del suelo está muy lejos de ser agua «pura»;

en cambio es una solución compleja que contiene muchos nutrientes solubles. (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

El agua del suelo no sólo proporciona la humedad necesaria para las reacciones químicas que sustentan la vida; también suministra a las plantas nutrientes en la forma que ellas pueden utilizar. Los espacios porosos no rellenos de agua contienen aire. Este aire es la fuente de oxígeno y dióxido de carbono necesarios para que vivan en el suelo la mayoría de las plantas y los microorganismos. (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

CAPITULO IV

METODOLOGÍA DEL TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

De acuerdo al desarrollo de la situación objeto de estudio y el nivel de investigación adoptado, puede decirse que la investigación es de tipo descriptiva y de acuerdo con lo planteado por Arias, F. (2006). “Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere”.

Esta investigación es de tipo descriptivo ya que se hizo una descripción y reconocimientos de los afloramientos rocosos presentes en la zona de estudio, también se hizo un reconocimiento de la litología presente por medio de calicatas con la finalidad de conocer si la zona peaje de ciudad Orinoco El Tigre es apta para una explotación de minería de uso ornamental.

4.2 Diseño de la investigación.

La estrategia que se utilizará para dar cumplimiento a los objetivos planteados está basada en una investigación documental y de campo.

4.2.1 Investigación documental

De acuerdo con Sabino, C. (1987) afirma que “la investigación documental se basa en análisis de datos obtenidos de distintas partes de información las cuales pueden ser libros, revistas, Internet y otros”.

Para la realización de este estudio se consultaron fuentes bibliográficas, tales como informes y tesis que permitan el desarrollo de la investigación, esto necesario para reforzar aún más el desarrollo de la investigación. Se considera Documental porque tiene por finalidad ampliar y profundizar el contenido o desarrollo de la investigación a través de estas fuentes informativas.

4.2.2 Investigación de campo

Según Sabino, C. (1.987) dice que “los diseños de campo son los que se refieren a las mitades cuando los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad mediante el trabajo concreto del investigador y sus equipos”. Por ende, el trabajo de investigación es de Campo, ya que se realiza en el sitio, con visitas técnicas al sector Zona Peaje De Ciudad Orinoco El Tigre, Municipio Independencia; Estado Anzoátegui, de forma directa en contacto con el entorno, generando información fidedigna.

4.3 Población de la investigación

Sabino C. (1987) define la población como “la totalidad del fenómeno a estudiar en donde las unidades o población, posee características comunes, la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación”, es decir; un conjunto de elementos que se ajusten con una serie de determinadas especificaciones.

En el caso de esta investigación la población corresponde a toda el área que conforma al sector Zona Peaje De Ciudad Orinoco El Tigre, Municipio Independencia; Estado Anzoátegui.

4.4 Muestra de la investigación

Según Arias, F. (2006), “una muestra, en un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población”

Para la presente investigación se hizo una descripción de los cuerpos rocosos presentes en el área de estudio de los cuales se recogieron 3 muestras donde se observaron los minerales presentes en las rocas y el tipo de roca que predomina en la zona, también se realizaron 2 calitas de las cuales se recogieron 5 muestras donde se observaron las secciones estratigráficas y los sedimentos presentes en el sector Zona

Peaje De Ciudad Orinoco El Tigre, Municipio Independencia, Estado Anzoátegui. Para un total de 5 puntos de muestreos (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Ubicación de las coordenadas de los 5 puntos de muestreo

ESTACIÓN	NORTE	ESTE
Muestreo 1	901476	435531
Muestreo 2	901437	435497
Muestreo 3	901380	435566
Calicata 1	901478	435532
Calicata 2	901844	435546

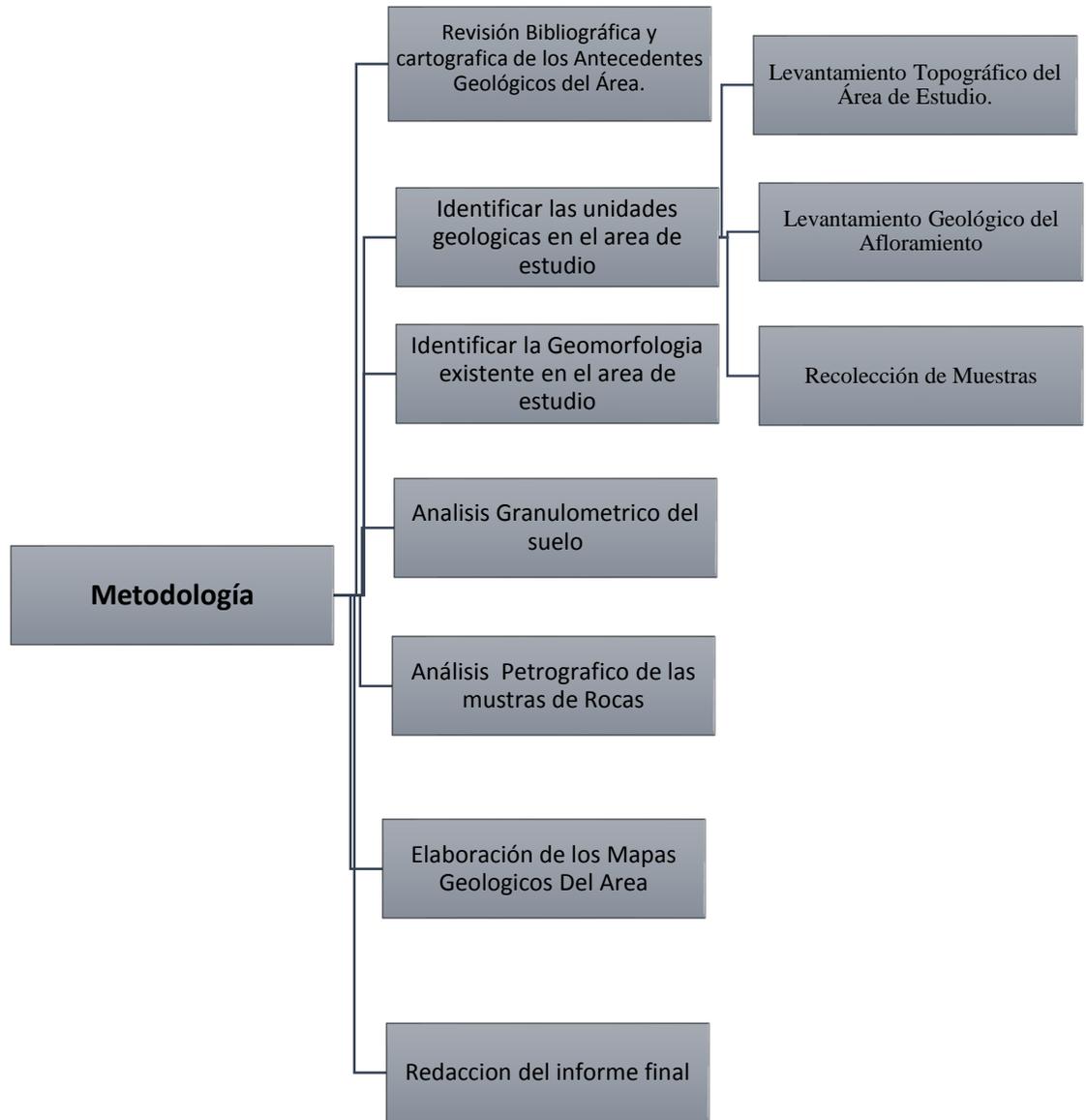


Figura 4.1 Flujograma de la metodología para la Investigación

4.5. Revisión bibliográfica y cartográfica de los antecedentes geológicos del área

Al principio de la elaboración del trabajo de grado se acude a todas las fuentes posibles: bibliotecas, 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. Sin embargo solo se pudo consultar trabajos que fueron realizados en las cercanías mas no en la zona como tal ya que según Propulso C.A (2022) en La zona de estudio ubicada en el Sector Peaje De Ciudad Orinoco El Tigre, Municipio Independencia, Estado Anzoátegui no se han realizado estudios previos enfocados al área de geología. Por lo tanto la zona no posee antecedentes de estudios anteriores.

4.6 Identificar las unidades geológicas en el área de estudio

Esta etapa consiste en identificar las unidades geológicas presentes en la zona de interés, tomando en cuenta todos los aspectos relacionados a la caracterización geológica del afloramiento ubicado en el Sector Peaje De Ciudad Orinoco El Tigre, Municipio Independencia, Estado Anzoátegui.

4.6.1 Levantamiento topográfico del área de estudio

Se realizó el levantamiento topográfico con GPS, tomando lectura de las coordenadas Norte, Este y la cota de cada punto de estaciones perimetrales ubicado en el borde de la zona de estudio (Figura 4.2 y 4.3).



Figura 4.2 levantamiento topográfico de la zona de interés



Figura 4.3 los GPS que se usaron para obtener las coordenadas UTM de la zona de interés

En la figuras 4.2 y 4.3 donde se llevó a cabo la toma de coordenadas de la zona y la herramienta que se utilizó el cual fue un GPS, con este GPS pudimos rodear toda la zona con la finalidad de tomar los puntos de coordenadas para hacer el levantamiento topográfico de la zona y también obtuvimos las coordenadas y diámetro de los puntos de muestreo donde se encuentra el afloramiento tratando de cubrir por completo el macizo rocoso y así determinar la geometría del afloramiento y posteriormente calcular su volumen.

4.6.2 Levantamiento geológico del afloramiento

En El levantamiento geológico se procedió a tomar medidas de los rasgos visibles como diaclasas, saprolitas, la vegetación arraigada en la roca entre otras y realizar la litología presente en la masa rocosa. (Figura 4.4 y 4.5)



Figura 4.4 que muestra las saprolitas en el afloramiento de interés.



Figura 4.5 que muestra a la vegetación arraigada en el afloramiento y las fracturas o diaclasas en el macizo rocoso.

4.7 Recolecciones de muestras

Se realizó la toma de muestra, por medio de la ruptura de la roca, el procedimiento consistió en perforaciones poco profundas con mandarina pequeña y cincel y también se usó una mandarina de 10 kg logrando la fractura de dicha roca como se observa en la imagen. (Figura 4.6)



Figurar 4.6 en la imagen de la izquierda se muestra como se perforo la roca para conseguir unas muestras frescas y en la de la derecha se muestran las muestras obtenidas.

4.7.1 Elaboración de las calicatas

Se elaboraron en la zona de estudio unas calicatas 1x1 con el fin de obtener un análisis granulométrico de la zona y así obtener las características de ese suelo. (Figura 4.7)



Figura 4.7 donde se observa la calicata 1x1 en la cual se puede ver las divisiones de cada capa y los cambios en la litología que hay en cada capa.

4.7.2 Recolección de muestras del suelo las calicatas.

Se recolectaron cinco bolsas de muestras de suelo cada una de 500gr estas fueron almacenadas para luego llevarlas al laboratorio en el Instituto Nacional de Geología y Minería de Venezuela (INGEOMIN) y proceder a hacerle el tratado pertinente para obtener los resultados granulométricos del tamizado.



Figura 4.8 donde se muestran los 500 gr de material obtenido del suelo ya embolsado y listo para ir al laboratorio.

4.8 Análisis granulométrico del suelo

Para el análisis granulométrico se procedió a realizar lo siguiente:

- Tener una mezcla homogénea de la muestra y realizar un cuarteo.
- Disgregar un poco la muestra (si se observan grumos muy grandes).
- Pesarse la muestra húmeda y colocar la muestra húmeda en el horno por 12 horas.
- Tomar la muestra de suelo secado al horno y registrar su peso.

- Haces pasar las muestras por una serie de tamices que varíen de los diámetros mayores arriba hasta los menores abajo.
- Tamizar por espacio de 10 a 15 minutos por ritmo variado.
- Quitar la serie de tamices y obtener el peso del material que quedo retenido en cada tamiz (*suelo retenido* = $(\text{peso de tamiz} + \text{suelo}) - (\text{peso de tamiz})$).
- Calcular el porcentaje en cada tamiz dividiendo el peso retenido en cada uno de ellos entre el peso total de la muestra inicial.
 $\% \text{Suelo retenido} = \text{suelo retenido} / \text{peso total del suelo retenido} \times 100$
- Calcular el porcentaje retenido acumulado haciendo sumatoria progresiva de forma diagonal.
- Calcular el porcentaje comenzando por un 100% y sustraer el porcentaje retenido en cada tamiz con un proceso acumulativo

$$\% \text{Pasante} = 100\% - \% \text{retenido acumulado}$$

- Graficar los datos obtenidos en una hoja semilogaritmica donde en las ordenadas estarán el % pasante y en abscisas el diámetro de las partículas de acuerdo al tamiz usado y hacer una interpretación de la curva donde describa la gradación y el número de partículas predominantes del suelo.
- Determinar el coeficiente de uniformidad (Cu) y curvatura (Cc) mediante la fórmula

$$.Cu = \frac{D60}{D10} - \frac{(D30)^2}{D60 \times D10}$$



Figura 4.9 toma de pesos de tamices.

4.9 Análisis petrográficos de las muestras de rocas

Las muestras de rocas tomadas en campo serán analizadas macroscópicamente para seleccionar las más representativas para la realización de secciones para el análisis petrográfico.

Las secciones delgadas serán elaboradas en el Instituto Nacional de Geología y Minería de Venezuela (INGEOMIN), para luego ser analizadas en el laboratorio de petrografía de la Universidad de Oriente (UDO), Núcleo Bolívar.

4.9.1 Preparación de secciones delgadas

Una forma habitual de examen microscópico, empleada con los minerales con los minerales translucidos, incluye la utilización de secciones delgadas. Las secciones delgadas tienen, ordinariamente, unos 0,03 mm de espesor y una superficie de algunos pocos centímetros cuadrados. El primer problema reside en escoger el material y decidir la dirección de corte. Si ya se ha elegido una muestra adecuada para su efectivo estudio microscópico, tal muestra debe contener materiales de grano fino a medio, estructuras que se aclaren prontamente mediante el examen microscópico o algunas de las características secundarias tan efectivamente reveladas por la observación microscópica. La dirección en que la sección debe ser cortada debe marcarse claramente en la muestra (Kerr, 1965).

4.9.2 La esqurla mineral

El primer paso en la fabricación de una sección delgada, incluye la preparación de una esqurla mineral con una superficie lisa apta para ser colocada sobre un portaobjetos. Esta esqurla puede ser cortada de la muestra y alisada por uno de sus lados. Una esqurla ideal tiene unas dimensiones aproximadas de 2 x 3 cm y 3 mm de espesor (Kerr, 1965). Cuando se desea cortar esqurlas pueden utilizarse varios tipos de sierras. En cada caso, sin embargo, la acción de corte es más bien una abrasión, a lo

largo de una ranura, que un corte, en el sentido usual de la palabra. La acción de abrasión es efectuada por un polvo abrasivo; la sierra, propiamente dicha, es generalmente un disco metálico. Este disco puede ser alimentado de abrasivo en partículas sueltas o puede estar embebido de él en su borde exterior. Los materiales abrasivos pueden ser carborundum o polvo de diamante (Kerr, 1965).

Cuando una esqurla está ya lista, se pule por un lado una superficie plana, utilizando sucesivamente carborundum 100, FFF y 600 y terminando con esmeril 3021/2 de la American Optical Company (Kerr, 1965). La superficie de fondo, plana, pero no pulimentada, es lavada y secada, y después se monta sobre un vidrio portaobjetos empleando como cementante bálsamo de Canadá. El bálsamo debe ser cocido a 160°C durante unos dos minutos hasta obtener un botón sólido y tenaz; la esqurla debe ser calentada también a 120°C antes de su montura. El bálsamo no debe ser sobrecocido, pues entonces llega a ser demasiado quebradizo y hasta puede volverse castaño. Cuando el bálsamo está aún líquido y caliente, se coloca la esqurla calentada sobre un portaobjetos que ha sido previamente untado con bálsamo de Canadá cocido. Calentando el conjunto, queda la esqurla firmemente cementada al cristal portaobjetos. La ligadura debe ser una capa continua de bálsamo no interrumpida por burbujas de aire; en el caso de que se observen, la esqurla debe ser calentada, desmontada y montada de nuevo.

4.9.3 Corte de la esqurla hasta una sección delgada

Una vez puesta la esqurla mineral en el portaobjetos, se debe llevar la lámina de roca a un grosor alrededor de 0,03 mm. En general, esto puede realizarse utilizando dos caminos. En el primer método, la esqurla es pulida en etapas sucesivas con carborundum y esmeril sobre una pulidora, de un modo similar al empleado para producir una superficie especular en la esqurla. En el segundo método, se corta la esqurla en una pulidora hasta 0,03 mm (Kerr, 1965). El pulido mecánico de las esqurlas montadas tiene lugar sobre ruedas pulidoras de metal o sobre una superficie plana. Estas ruedas pulidoras deben tener un diámetro mínimo de 30 cm y girar a una velocidad de 600 r.p.m. El cojinete de apoyo debe estar protegido contra el polvo abrasivo. Las muelas para el pulido fino deben ser de cobre o latón y deben estar ranuradas; los tipos de ranura helicoidal resultan muy efectivos. Cuando se utilizan sierras de precisión de diámetro para el corte inicial de las esqurlas, hasta seis u ocho centímetros, pueden terminarse las esqurlas a mano sobre un cristal plano con polvo abrasivo o, en última instancia, con papel abrasivo. (Kerr, 1965).

Durante todo el proceso deben tomarse grandes precauciones respecto a la limpieza. A menudo puede destrozarse una sección delgada por el simple efecto, en un momento inoportuno, de un grano de goma de borrar dura contra la lámina (Kerr, 1965). El lado descubierto de la esqurla montada es pulimentado por rotación sobre carborundum medio y fino. La muestra puede apoyarse sobre una pulidora estriada

rotativa o acabarse a mano sobre una placa de cristal bruñido. Para el pulido final se utiliza Oxido de cromo o pasta esmeril. Generalmente se emplea agua para hacer la pasta, pero los materiales solubles exigen el uso de keroseno o glicol. La última etapa requiere una considerable destreza manual. La lámina delgada debe conservar un espesor uniforme durante todo el desgaste y éste debe continuarse hasta obtener un grueso de unos 0,03 mm. Este espesor de la lámina debe controlarse durante esta última etapa por la observación microscópica de los colores de interferencia que dan algunos minerales conocidos que contenga la sección, cuando se la cubre con una película de agua. Generalmente está presente el cuarzo; en este caso, los colores de interferencia deben ser casi totalmente blancos o grises. Algunos prefieren grandes secciones en las que el espesor puede ser de 0,04 mm. Una sección delgada, correctamente realizada, muestra un notable grado de transparencia (Kerr, 1965). Pueden utilizarse pequeños asideros para coger la esquirra durante su preparación. Estos asideros mantienen paralelas las caras opuestas de la muestra, facilitando el pulido, y también permiten al operador pulimentar varias secciones al mismo tiempo, hasta llegar a la etapa final. La combinación usual es de tres portaesquirras: uno, para seis muestras a la vez, se usa durante el desbaste hasta unos 0,5 mm; el segundo, para dos muestras, lleva la pulimentación a 0,1 mm; el tercero, para una sola, completa la preparación. En el caso de que no sea posible el empleo de estos instrumentos, puede pegarse con bálsamo un pequeño corcho detrás del portaobjetos (Kerr, 1965). Cuando la sección ha sido pulida hasta su espesor adecuado, se le lava para liberarla del polvo de la pulimentación y se deja secar. Entonces se unta con bálsamo fresco la superficie de la lámina y se calienta

y cubre con un cristal cubreobjetos (cuyo espesor es de 0,17mm o menos). A continuación, es enfriada la preparación y disuelto con xylol, el exceso de bálsamo que rodea el borde del cubreobjetos, siguiendo un lavado con keroseno. La sección delgada queda así protegida y lista para su utilización.

En el caso de que la lámina esté formada por el material sólido y compacto, puede trasladarse del cristal portaobjetos, en que ha sido pulimentada, a otro libre de arañazos. Para efectuar la transferencia, se unta con bálsamo el portaobjetos que contiene la sección y se calienta en una placa bajo una campana. Se coloca en la placa caliente, próxima al portaobjetos rayado que contiene al mismo tiempo la esquirra y el bálsamo cocido, un portaobjetos limpio untado con bálsamo (el bálsamo precocido debe ser calentado para el montaje a 100°C).

Cuando ambas unturas de bálsamo han cocido, se separa la lámina del portaobjetos rayado con la ayuda de un palillo y se traslada sobre el portaobjetos limpio. A continuación se tapa con un cubreobjetos del modo habitual (Kerr, 1965). (Figura 4.10).



Figura 4.10 Sección delgada Muestra 1

El análisis de las secciones delgadas se efectuó con ayuda del microscopio petrográfico polarizante de luz transmitida marca Zeiss, modelo Axiolab.

4.10 Elaboración de los mapas geológicos del área

La elaboración de mapas tales como: mapa topográfico y mapa geológico del estudio geológico de las zonas con potenciales de Charnockita con fines de minería artesanal en el sector peaje de ciudad Orinoco, el tigre, municipio independencia estado Anzoátegui, se realizan a través del levantamiento topográfico y geológico en campo y digitalizado a través de software de Sistema de Información Geográfica (S.I.G) apoyándose de la hoja cartográfica N° 7440 SE obtenida gracias a los registros cartográficos del Instituto Nacional De Geología y Minería “INGEOMIN”.

Los programas o software utilizados para la elaboración de los mapas fueron AutoCAD 2017, Google Earth 2022 y Global Mapper 2020. (Figura 4.11 y 4.13)

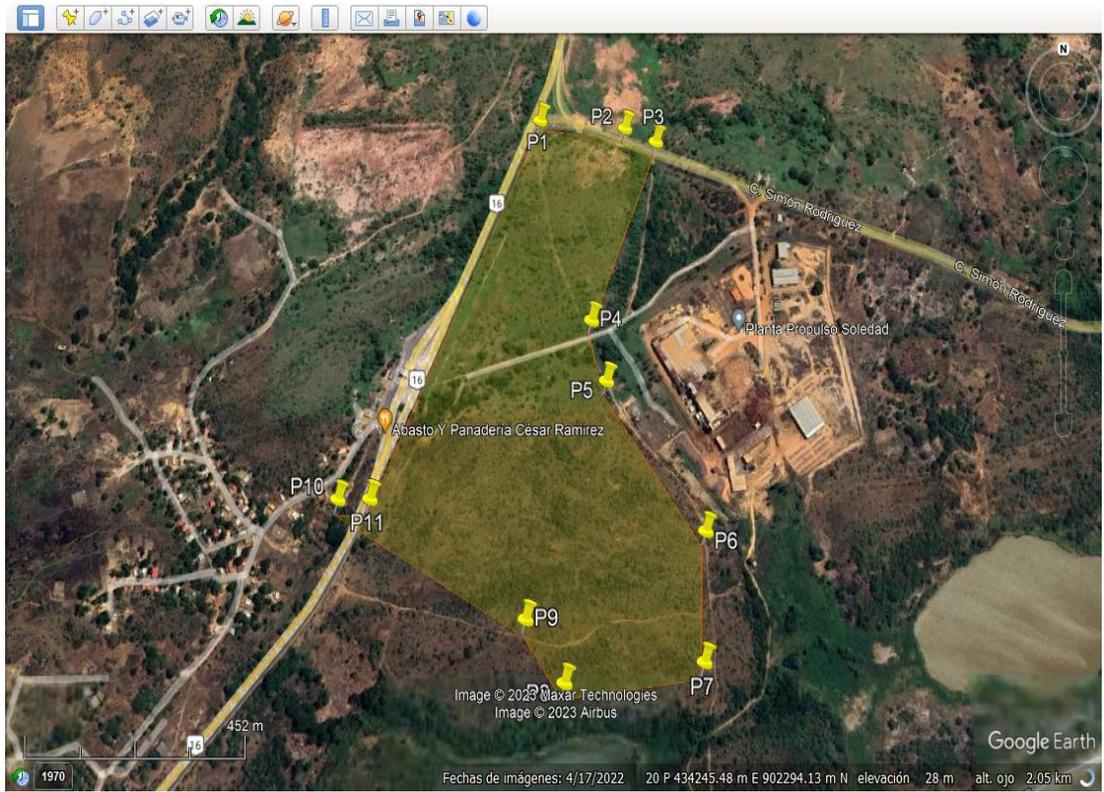


Figura 4.11 utilizando el programa Google Earth 2022

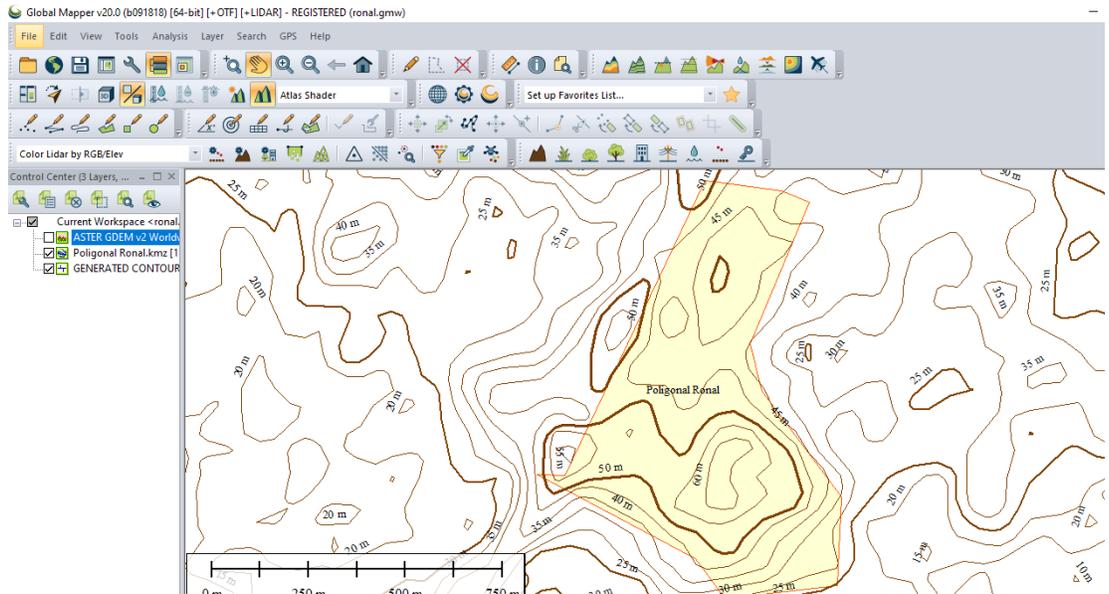


Figura 4.12 Utilizando el programa Globber Mapper 2022.

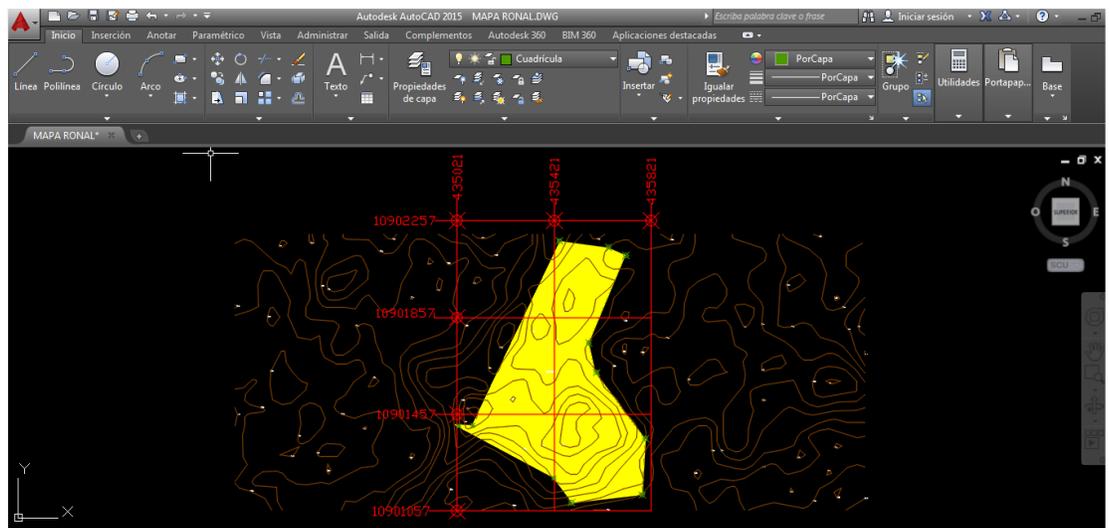


Figura 4.13 Utilizando el programa AutoCAD 2017

CAPITULO V

ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS DATOS

5.1 Identificación de las unidades geológicas presentes en el área de estudio

El área delimitada por la Zona Peaje de Ciudad Orinoco El Tigre, está compuesto por afloramientos rocosos ígneos-metamórficos pertenecientes a la provincia geológica de Imataca también lo rodean sedimentos pertenecientes a la formación mesa y sedimentos aluviales pertenecientes a la Edad del reciente, en la figura 5.1 se observa el mapa geológico

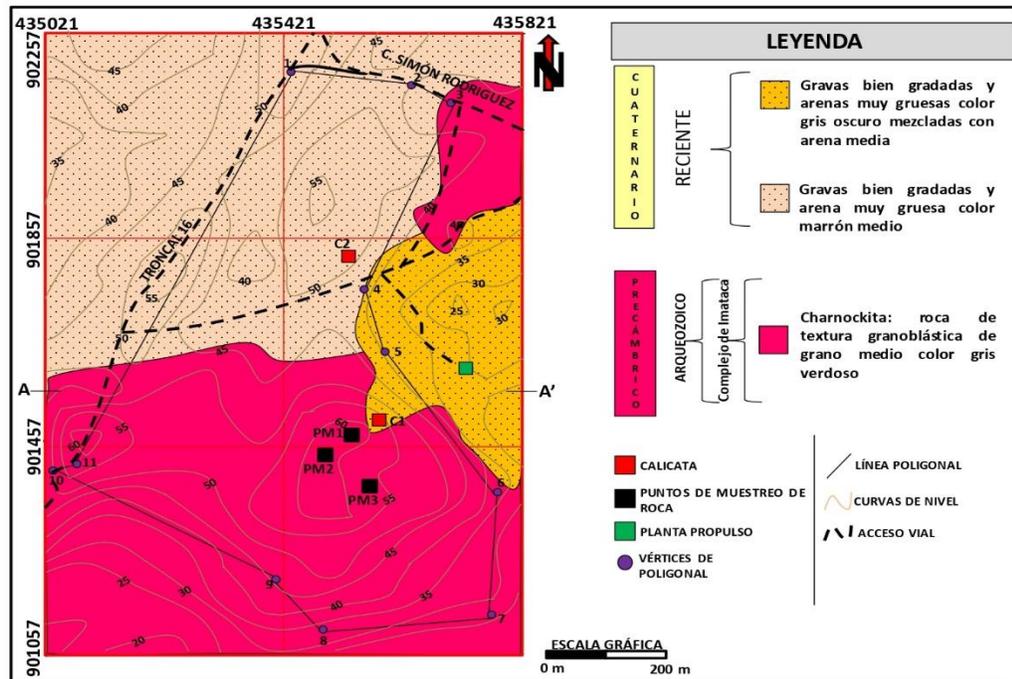


Figura 5.1 Mapa Geologico de Zona Peaje De Ciudad Orinoco El Tigre

5.1.1 Provincia geológica de Imataca

Se logró observar afloramientos ígneos-metamórficos esparcidos por la zona de estudio, describiéndose como una roca alterada de grano variable orientada en bandas paralelas ocasionada por el metamorfismo que ha sufrido, también se encontraron rocas más frescas que no fueron alteradas por el metamorfismo, de color gris verdoso oscuro y grano medio

5.1.2 Formación mesa

Abarca una parte de la zona en estudio, está compuesta de arenas de grano grueso y gravas, con cemento ferruginoso, arenas blancas, amarillentas y rojas con estratificación cruzada, lentes discordantes de arcillas y lentes de limonitas.

5.1.3 Sedimentos del reciente.

Cubren una pequeña parte de la zona de estudio, están representados por gravas bien gradadas y arenas muy gruesas de color gris oscuro mezclado con arena media, también hay presencia de gravas bien gradadas y arena muy gruesa de color marrón medio, luego de realizar varias visitas de campo y con las pertinentes evidencias recolectadas a lo largo del recorrido se logró realizar el mapa geológico de la zona Peaje De Ciudad Orinoco El Tigre sustentado dicha información a partir del mapa topográfico realizado previamente.

5.2 Análisis de la geomorfología presente en el área de estudio.

En esta zona procedimos a identificar la geomorfología primero de manera visual observando el terreno y sus desniveles aparte de la forma del afloramiento que nos daban una idea de la geomorfología de dicha zona luego de eso procedimos a verificar los datos obtenidos haciendo uso de imágenes satelitales mediante el uso de los programas Google Earth, GLOBE Mapper y Autocar, con los cuales obtuvimos las curvas de nivel que nos reafirmaron la conclusión a la cual habíamos llegado

La geomorfología presente en la zona peaje de ciudad Orinoco, el Tigre municipio Independencia estado Anzoátegui se puede describir como un área la cual está formada por pequeñas afloramientos rocosos en los cuales podemos apreciar rasgo de lomeríos o colinas la cuales son predominantes en la zona.

Dentro de dicho relieve se puede observar una topografía ondulante escarpada con planicies típicas de la formación Mesa y pendientes locales que son predominantes del área, podemos observar un domo granítico que se formó por la erosión de los estratos sedimentarios los cuales cubrían esta zona.

Geomorfológicamente La zona está constituida por pequeños afloramientos Rocosos con rasgos de lomeríos o colinas, dichas rocas se encuentran Meteorizadas y fracturadas

5.3 Análisis de la granulometría presente en el área de estudio.

El objetivo principal de este ensayo es cuantificar la distribución del tamaño de partículas del suelo la norma ASTM describe el método para determinar los porcentajes de suelos que pasan por los diferentes tamices de la serie empleada en el ensayo hasta la malla número 11. La cantidad de la muestra a tamizar dependerá de la apreciación visual del tamaño de las partículas.

Tabla 5.1 Escala de tamaño de Wentworth para la selección de juegos de tamices

N° de tamiz	Diámetro de partículas	Micrones	PIE	Nombre de las clases
***	8096	***	-12	PEÑOSCAL
***	1026	***	-10	GRAVA
***	256	***	-8	
***	64	***	-6	
5	15	***	-4	
6	4	***	-2	
7	3.35	***	-1.75	GRAVILLA
8	2.83	***	-1.5	
10	2.35	***	-1.25	
12	2	***	-1	
14	1.68	***	-0.75	ARENA MUY GRUESA
16	1.41	***	-0.5	
18	1.19	***	-0.25	
20	1	***	0	
25	0.84	***	0.25	
30	0.71	***	0.5	ARENA GRUESA
30 1/2	0.59	***	0.75	
40	0.5	500	1	
45	0.42	420	1.25	
50	0.35	350	1.5	
50 1/4	0.3	300	1.75	ARENA MEDIA
70	0.25	250	2	
80	0.21	210	2.25	
100	0.177	177	2.5	
120 1/5	0.149	149	2.75	
140	0.125	125	3	ARENA FINA
170	0.105	105	3.25	
200	0.080	80	3.5	
250 1/51	0.074	74	3.75	
270	0.0625	62.5	4	
325	0.053	53	4.25	LIMO GRUESO
ANÁLISIS POR PIPETA O HIDROMETRO	0.044	44	4.5	LIMO MEDIO
	0.037	37	4.75	
	0.031	31	5	
	0.0155	15.5	6	LIMO FINO
	0.0078	7.8	7	
	0.0058	5.8	8	LIMO MUY FINO
	0.002	2	9	ARCILLAS
	0.00095	0.95	10	
	0.00049	0.49	11	
	0.00024	0.24	12	
	0.00012	0.12	13	
	0.00006	0.06	14	

Para la determinación de la granulometría de los diferentes tipos de materiales presentes en las columnas estratigráficas se realizaron 5 ensayos granulométricos por tamizados en las arenas gruesas

5.3.1 Granulometría de la calicata o columna 1

La calicata o columna 1 se divide de tope a base

5.3.1.1 Granulometría de la columna 1

La columna 1 se describe de tope a base, para esta columna se analizaron 3 muestras por el método de tamizado mecánico.

Capa A Se presenta en esta capa A arena gruesa moderadamente gradada, con pocas porciones considerables de gravilla y arena media.

Figura 5.2 Imágenes de la calicata o columna 1 capa A



Capa B Se presenta en esta capa B gracias bien gradada con porciones considerables de arena muy gruesa, pocas arenas media fina.

Figura 5.3 Imágenes de la calicata o columna 1 capa B



Capa C Se presenta en esta capa gravas bien gradada, con porciones de arena muy gruesa y arena media.

Figura 5.4 Imágenes de la calicata o columna 1 capa C



Tabla 5.2 Tabla de la calicata 1 o columna 1 Capa "A"

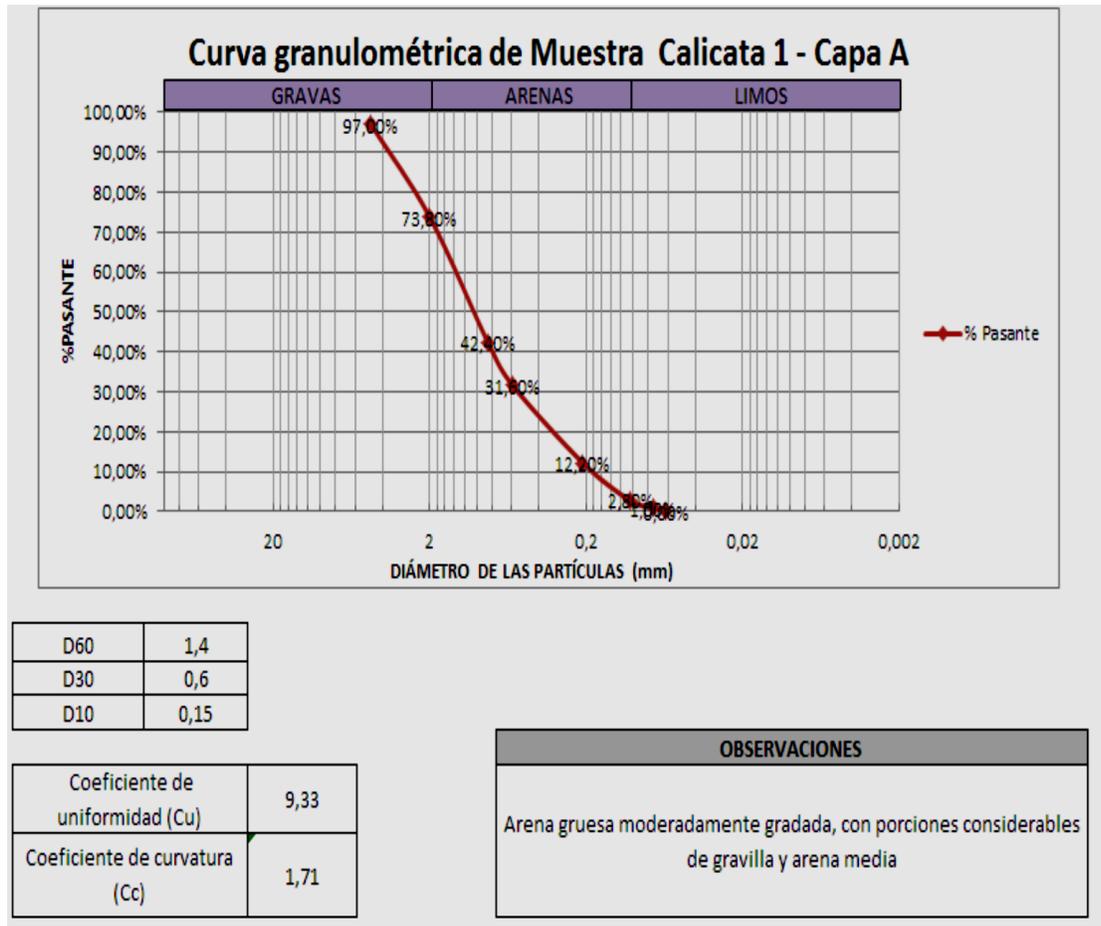
Peso inicial de muestra húmeda (gr)	650
Peso de muestra seca (gr)	650
% Humedad	0,00

Peso inicial antes del tamizado (gr)	500
--------------------------------------	-----

Nº de tamiz	Diámetro de las partículas(mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz+Suelo retenido	Suelo retenido	% Retenido	%Retenido Acumulado	% Pasante
4	4,75	508	523,0	15,0	3,00%	3,00%	97,00%
10	2	477	593,0	116,0	23,20%	26,20%	73,80%
20	0,85	403	560,0	157,0	31,40%	57,60%	42,40%
30	0,59	385	439,0	54,0	10,80%	68,40%	31,60%
60	0,210	359	456,0	97,0	19,40%	87,80%	12,20%
140	0,105	336	383,0	47,0	9,40%	97,20%	2,80%
200	0,075	330	339,0	9,0	1,80%	99,00%	1,00%
PAN	< 0,0625	369	374,0	5,0	1,00%	100,00%	0,00%
			Total de suelo retenido (gr)	500,0			

%De pérdida	0,00
-------------	------

Figura 5.5 Curva Granulometrica de la muestra de la calicata 1 capa A



En la tabla 5.2 se observaron los datos granulométricos y su procesamiento en forma de una curva granulométrica de la primera capa o capa “A”

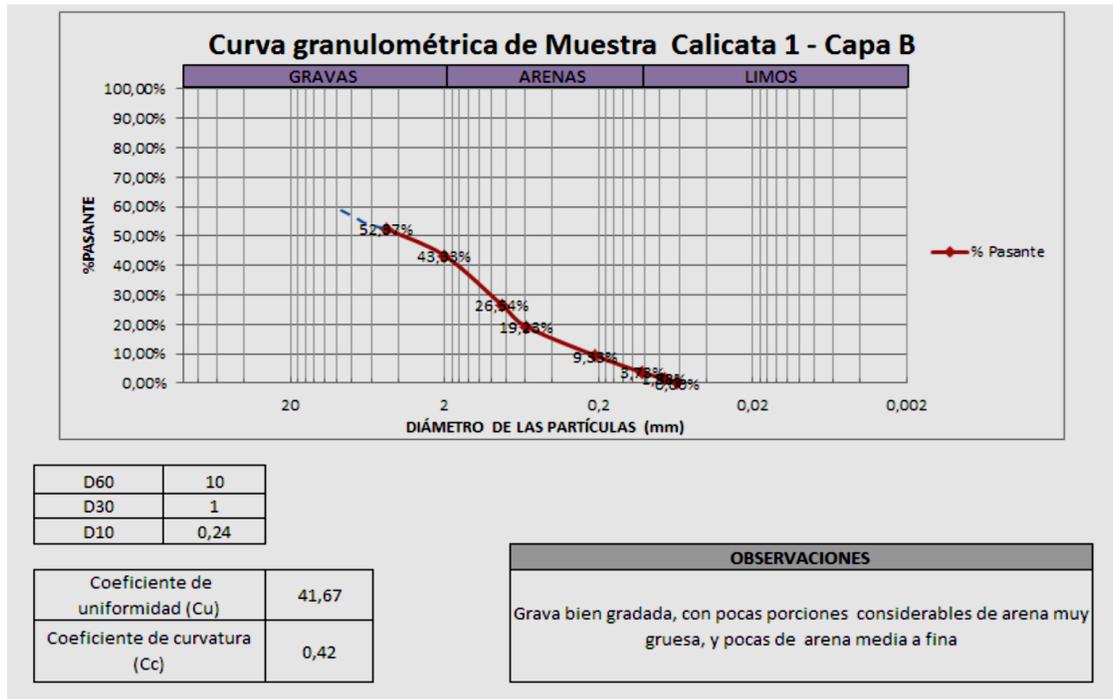
Tabla 5.3 Tabla de la calicata 1 o columna 1 Capa “B”

Peso inicial de muestra húmeda (gr)	800	Peso inicial antes del tamizado (gr)	700
Peso de muestra seca (gr)	800		
% Humedad	0,00		

Nº de tamiz	Diámetro de las partículas(mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz+Suelo retenido	Suelo retenido	% Retenido	%Retenido Acumulado	% Pasante
4	4,75	508	840,0	332,0	47,63%	47,63%	52,37%
10	2	477	540,0	63,0	9,04%	56,67%	43,33%
20	0,85	403	520,0	117,0	16,79%	73,46%	26,54%
30	0,59	385	436,0	51,0	7,32%	80,77%	19,23%
60	0,210	359	428,0	69,0	9,90%	90,67%	9,33%
140	0,105	336	375,0	39,0	5,60%	96,27%	3,73%
200	0,075	330	345,0	15,0	2,15%	98,42%	1,58%
PAN	< 0,0625	369	380,0	11,0	1,58%	100,00%	0,00%
			Total de suelo retenido (gr)	697,0			

%De pérdida	0,43
-------------	------

Figura 5.6 Curva Granulometrica de la muestra de la calicata 1 capa B



En la tabla 5.3 se observaron los datos granulométricos y su procesamiento en forma de una curva granulométrica de la segunda capa o capa “B”

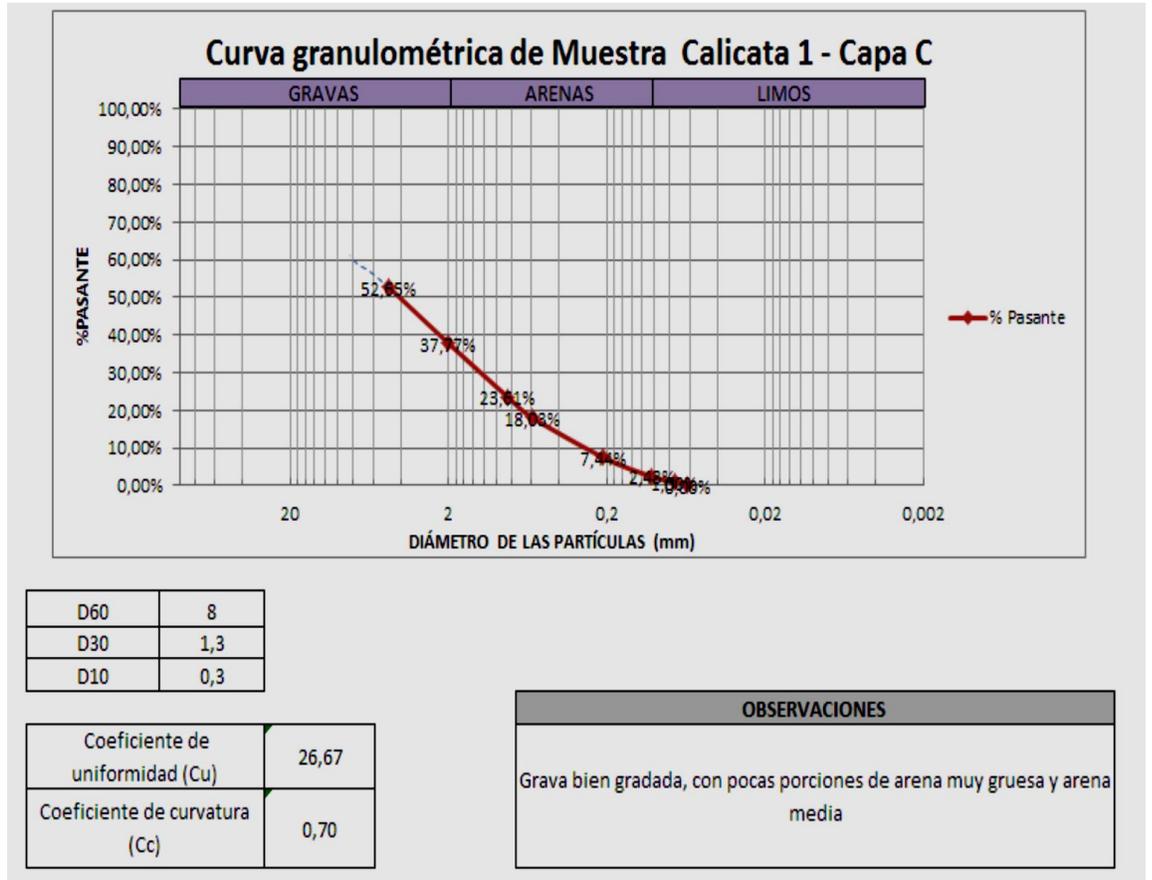
Tabla 5.4 Tabla de la calicata 1 o columna 1 Capa “C”

Peso inicial de muestra húmeda (gr)	800	Peso inicial antes del tamizado (gr)	700
Peso de muestra seca (gr)	800		
% Humedad	0,00		

Nº de tamiz	Diámetro de las partículas(mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz+Suelo retenido	Suelo retenido	% Retenido	%Retenido Acumulado	% Pasante
4	4,75	508	839,0	331,0	47,35%	47,35%	52,65%
10	2	477	581,0	104,0	14,88%	62,23%	37,77%
20	0,85	403	502,0	99,0	14,16%	76,39%	23,61%
30	0,59	385	424,0	39,0	5,58%	81,97%	18,03%
60	0,210	359	433,0	74,0	10,59%	92,56%	7,44%
140	0,105	336	371,0	35,0	5,01%	97,57%	2,43%
200	0,075	330	340,0	10,0	1,43%	99,00%	1,00%
PAN	< 0,0625	369	376,0	7,0	1,00%	100,00%	0,00%
			Total de suelo retenido (gr)	699,0			

%De pérdida	0,14
-------------	------

Figura 5.7 Curva granulometrica de la muestra de la calicata 1 capa C



En la tabla 5.4 se observaron los datos granulométricos y su procesamiento en forma de una curva granulométrica de la tercera capa o capa “C”

5.3.2 Granulometría de la calicata o columna 2

La columna 2 se describe de tope a base, para esta columna se analizaron 2 muestras por el método de tamizado mecánico.

Capa A Gravas moderadamente gradada, con mezcla de arena muy gruesa y arena media, poco o nada fino.

Figura 5.8 Imágenes de la calicata 2 o columna 2 capas A



Capa B Gravas moderadamente gradada, con mezcla de arena muy gruesa y arena media poco o nada de finos

Figura 5.9 Imágenes de la calicata 2 o columna 2 capas B



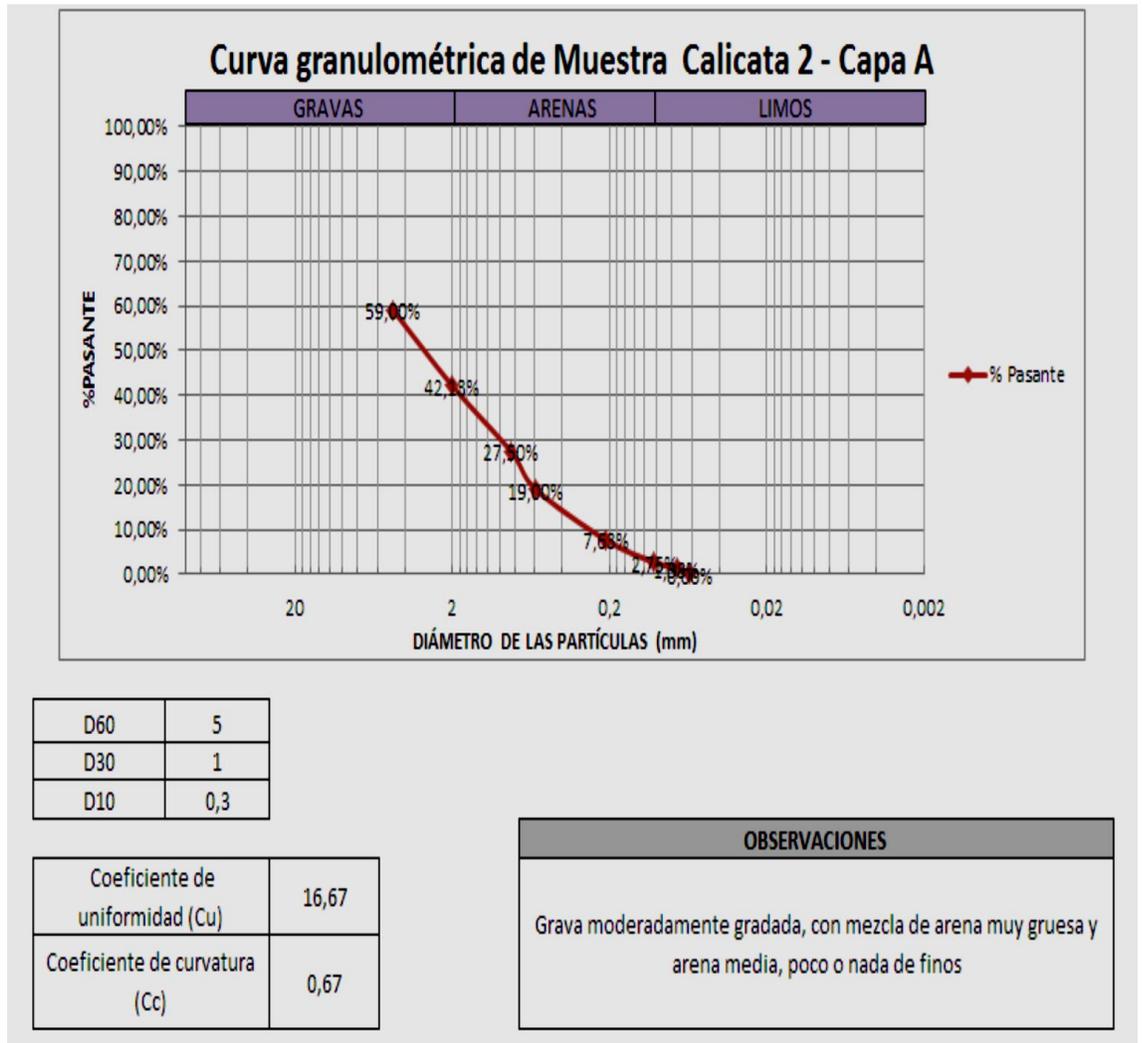
Tabla 5.5 Tabla de la calicata 2 o columna 2 Capa “A”

Peso inicial de muestra húmeda (gr)	800	Peso inicial antes del tamizado (gr)	800
Peso de muestra seca (gr)	800		
% Humedad	0,00		

Nº de tamiz	Diámetro de las partículas(mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz+Suelo retenido	Suelo retenido	% Retenido	%Retenido Acumulado	% Pasante
4	4,75	508	836,0	328,0	41,00%	41,00%	59,00%
10	2	477	612,0	135,0	16,88%	57,88%	42,13%
20	0,85	403	520,0	117,0	14,63%	72,50%	27,50%
30	0,59	385	453,0	68,0	8,50%	81,00%	19,00%
60	0,210	359	450,0	91,0	11,38%	92,38%	7,63%
140	0,105	336	375,0	39,0	4,88%	97,25%	2,75%
200	0,075	330	341,0	11,0	1,38%	98,63%	1,38%
PAN	< 0,0625	369	380,0	11,0	1,38%	100,00%	0,00%
			Total de suelo retenido (gr)	800,0			

%De pérdida	0,00
-------------	------

Figura 5.10 Curva Granulometrica de la muestra de la calicata 2 capa A



En la tabla 5.5 se observaron los datos granulométricos y su procesamiento en forma de una curva granulométrica de la primera capa o capa “A”

Tabla 5.6 Tabla de la calicata 2 o columna 2 Capa “B”

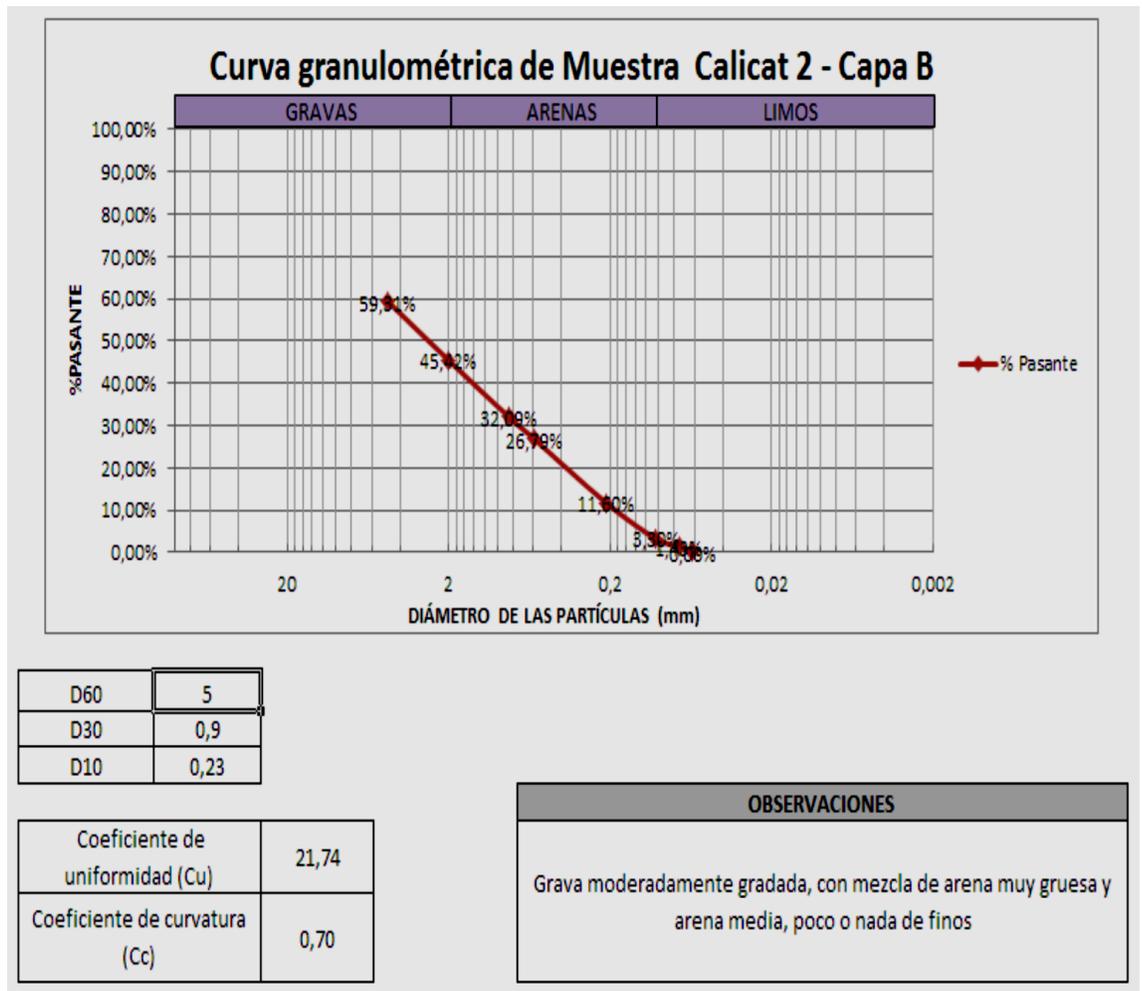
Peso inicial de muestra húmeda (gr)	800
Peso de muestra seca (gr)	800
% Humedad	0,00

Peso inicial antes del tamizado (gr)	700
--------------------------------------	-----

Nº de tamiz	Diámetro de las partículas(mm)	Peso del tamiz (gr)	Peso tamiz+ Suelo retenido	Suelo retenido	% Retenido	%Retenido Acumulado	% Pasante
4	4,75	508	792,0	284,0	40,69%	40,69%	59,31%
10	2	477	574,0	97,0	13,90%	54,58%	45,42%
20	0,85	403	496,0	93,0	13,32%	67,91%	32,09%
30	0,59	385	422,0	37,0	5,30%	73,21%	26,79%
60	0,210	359	465,0	106,0	15,19%	88,40%	11,60%
140	0,105	336	394,0	58,0	8,31%	96,70%	3,30%
200	0,075	330	343,0	13,0	1,86%	98,57%	1,43%
PAN	< 0,0625	369	379,0	10,0	1,43%	100,00%	0,00%
			Total de suelo retenido (gr)	698,0			

%De pérdida	0,29
-------------	------

Figura 5.11 Curva Granulometrica de la muestra de la calicata 2 capa B



En la tabla 5.6 se observaron los datos granulométricos y su procesamiento en forma de una curva granulométrica de la segunda capa o capa “B”

5.4 Análisis petrográfico de las rocas presentes en el área de estudio

Se recolectaron 3 muestras de rocas representativas de los afloramientos de la zona, las cuales fueron llevadas al laboratorio de petrografía para su respectivo análisis. Una vez analizadas macroscópicamente, se seleccionó a la muestra numero 1 para elaborar la sección delgada y su respectivo análisis petrográfico.

5.4.1 Muestras de manos



Figura 5.12 Primera muestra de Roca



Figura 5.13 Segunda muestra de roca



Figura 5.14 Tercera muestra de roca

5.4.2 Análisis petrográfico de la muestra M-1

Figura 5.15 Muestra de Roca Numero 1



ANÁLISIS MACROSCÓPICO: Es una roca dura, masiva, de grano medio, holocristalina, fanerítica y de color gris verdoso oscuro.

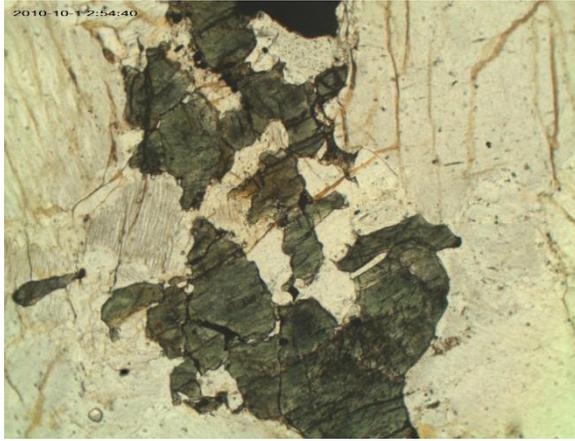
ANÁLISIS MICROSCÓPICO:

Tabla 5.7 Minerales presentes y sus abundancias correspondientes

Minerales	Porcentaje %
Pertita (Feldespatos Potásicos)	50%
Cuarzo	25%
Hipersteno (Ortopiroxeno)	10%
Diópsido (clinopiroxeno)	5%
Plagioclasas Sódicas	5%
Esfena, apatito, Microclina, Circón y Opacos	5%

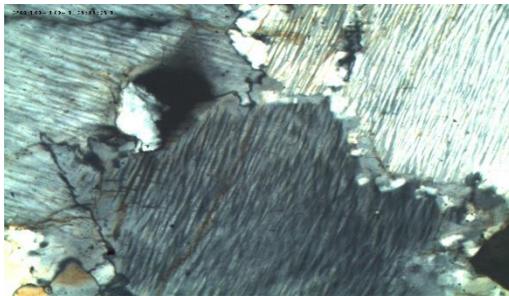
MICROFOTOGRAFÍAS DE LA MUESTRA

Figura 5.16 Microfotografía 1



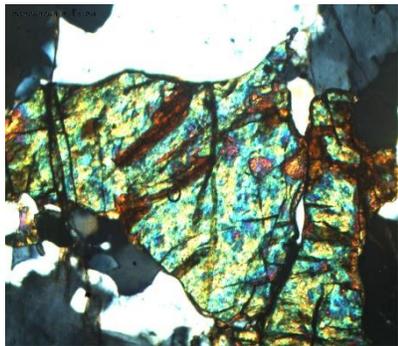
Descripción: Diópsido de color verde rodeado por cristales incoloros de Cuarzo y Feldespato potásico (Nícoles paralelos y Objetivo 5x/0,12 Pol).

Figura 5.17 Microfotografía 2



Descripción: Cristales xenoblásticos de Feldespato potásico tipo Pertita (Nícoles cruzados y Objetivo 5x/0,12 Pol).

Figura 5.18 Microfotografía 3



Descripción: Hipersteno mostrando sus colores de polarización y rodeado de cristales de Cuarzo (Nícoles cruzados y Objetivo 10x/0,20 Pol).

Textura de la Roca: Granoblástica

Textura granoblástica formada por cristales irregulares y equidimensionales de Hipersteno, Cuarzo, Pertita y minerales opacos. (Nícoles cruzados y Objetivo 5x/0,12 Pol).

Nombre de la roca: Charnockita

Descripción Petrográfica:

La roca muestra textura granoblástica, caracterizada por cristaloblastos equidimensionales, es decir, del mismo tamaño y de forma xenoblástica (irregular). El mineral predominante es el feldespato potásico tipo Perita de forma irregular o xenomorfa sin caras cristalinas definidas y asociada con cuarzo, también irregular, con marcada extinción ondulante y mayormente en granos más pequeños rodeando al feldespato potásico. Igualmente se observan algunos pequeños cristales de Microclina y plagioclasa sódica tipo Oligoclasa-Andesina. Esta última con maclas polisintéticas mostrando signos de fracturamiento que podrían indicar un efecto cataclástico incipiente.

El piroxeno, también de forma xenomorfa, se observa disperso por toda la muestra con abundantes fracturas mostrando su clivaje rectangular característico. Se presenta en dos variedades: Ortopiroxeno de tipo Hipersteno y en menor cantidad Clinopiroxeno tipo Diópsido, ambos asociados con minerales opacos y oxihidroxidos de hierro a lo largo de sus fracturas.

Se identificó Esfena, Apatito, Opacos y Circón, todos en pequeños granos de tamaño fino asociados mayormente a los Piroxenos.

5.5 Elaboración del mapa geológico del área zona peaje de ciudad Orinoco, el tigre municipio independencia estado Anzoátegui.

Una vez realizado el levantamiento topográfico en el área de estudio, se genera un mapa topográfico del afloramiento de interés a través de software de Sistema de Información Geográfica (SIG), creando curvas de nivel de intervalos de 1 metro y replanteando una poligonal de 11 vértices para delimitar el área de interés. (Figura 5.9)

Una vez delimitada el área de estudio se suministró a distinto software (AutoCAD, Global Mapper y Google Earth) la información recolectada en campo, como litologías contactos y estructuras visualizadas. Con los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio e inspección directa de campo, se elaboró el mapa geológico estructural. (Figura 5.20).

Figura 5.19 Mapa Topográfico de la zona Peaje de Ciudad Orinoco, El Tigre
Municipio Independencia Estado Anzoátegui

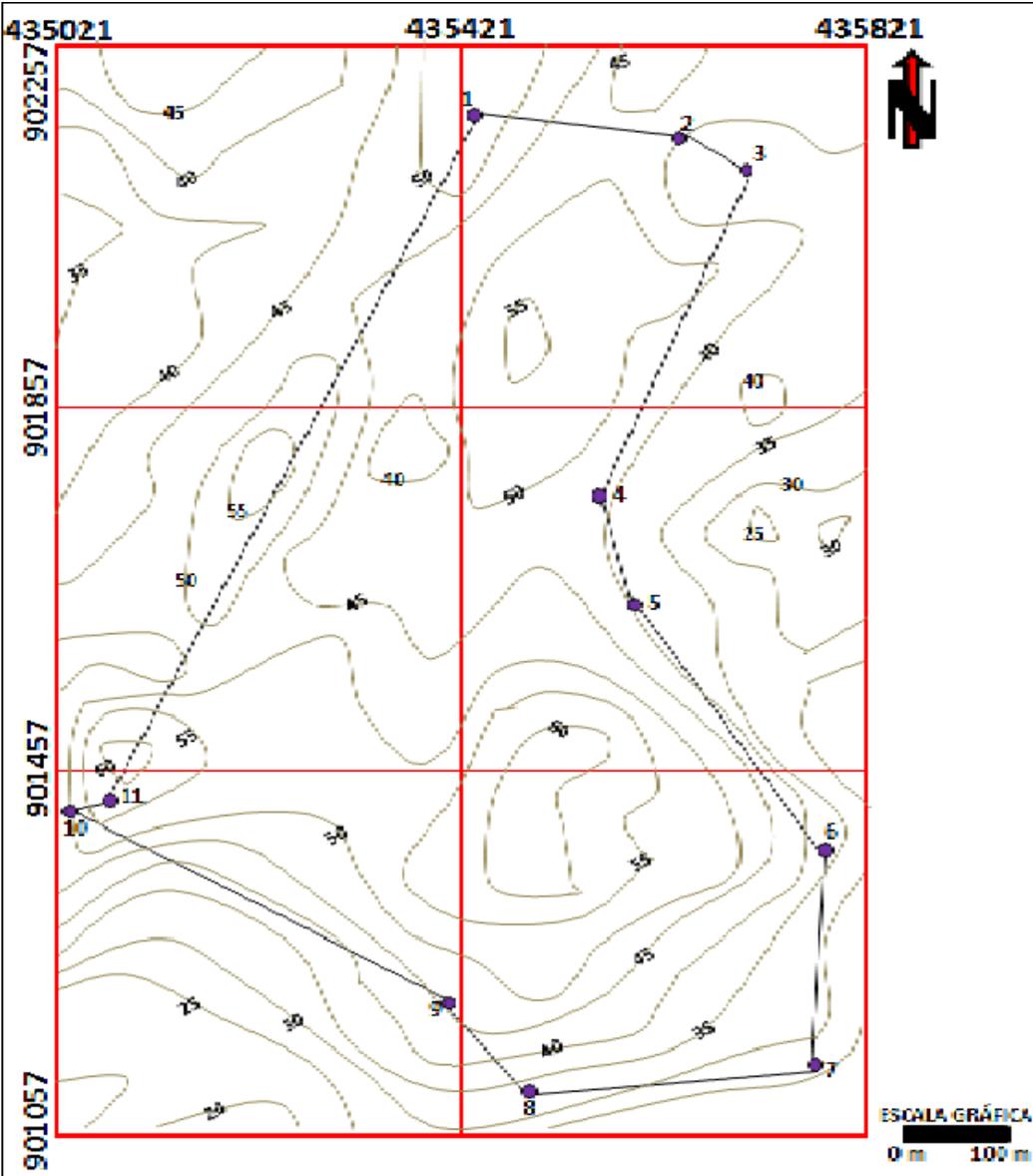
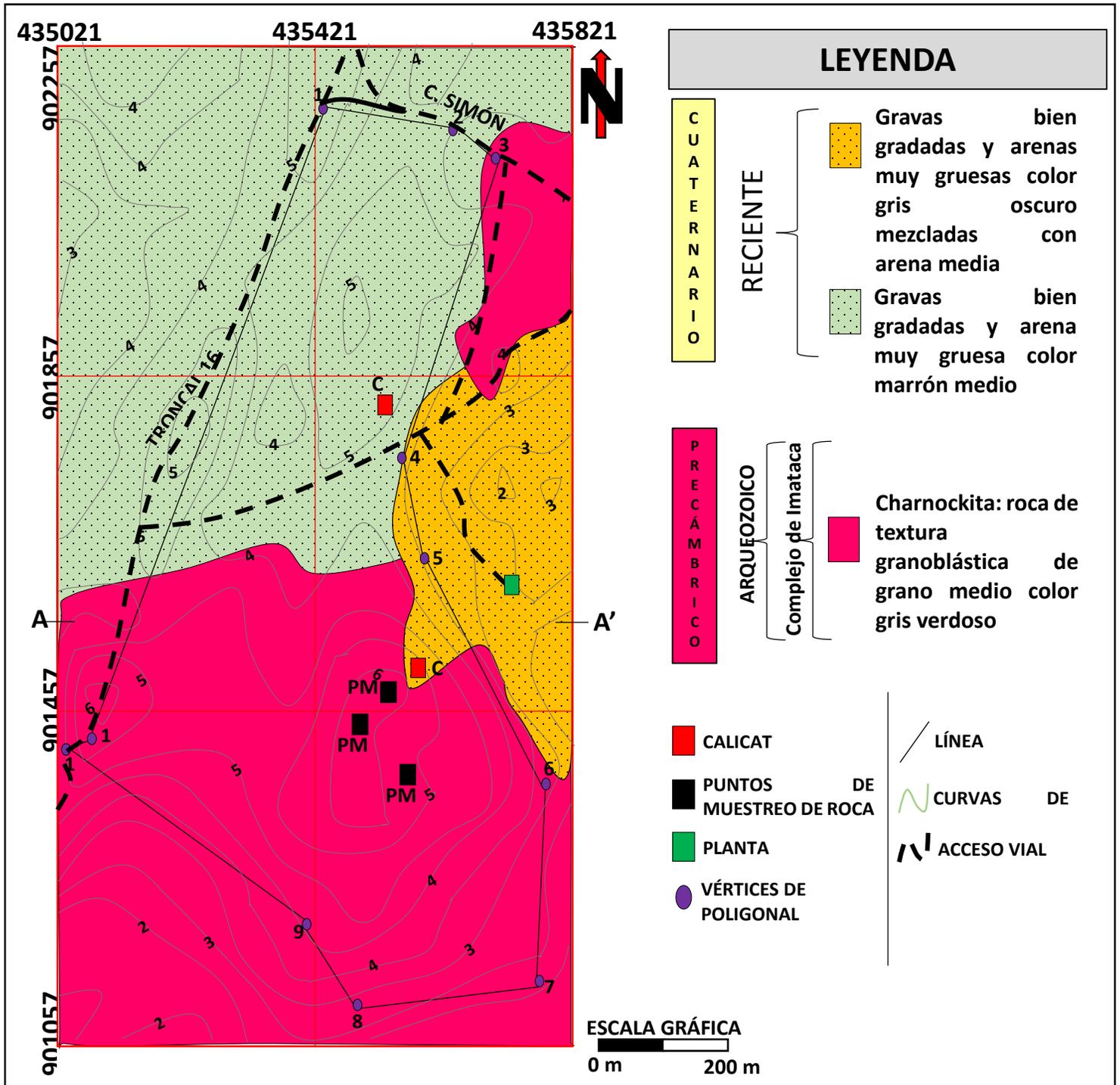


Figura 5.20 Mapa Geológico Estructural de la zona Peaje de Ciudad Orinoco, El

Tigre Municipio Independencia Estado Anzoátegui.

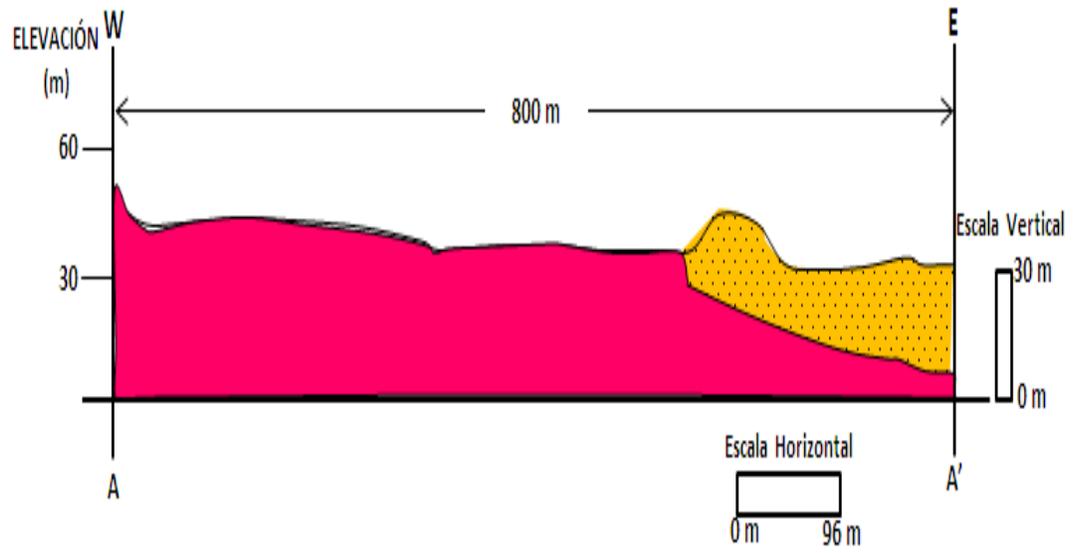


Como se puede observar en el mapa geológico (Figura 5.20) el material que se encuentra en la zona de estudio es la charnockita la cual es una roca de textura granoblástica de grano medio y de color gris verdoso, también vemos que el material del suelo es arena y gravas bien gradadas, las arenas van desde muy gruesas a arenas medias y mezcladas entre sí.

El levantamiento topográfico con GPS e imagen satelital ASTER, realizado en el área exploratorio, proporciono los datos necesarios, para emplear el método de las secciones transversales, del área de estudio y mediante aplicación de software específicos (Global Mapper 2020, Google Earth 2022, AutoCAD 2017).

En el siguiente corte en dirección oeste-este se puede observar la disposición litológica siendo abarcada mayormente por las rocas del complejo de Imataca representada por el color fucsia, estas rocas yacen en forma Plutón batolítico. Por otro lado los sedimentos disgregados que son recientes están respetando en el perfil de color amarillo y son productos de suelos residuales formado por la descomposición y desintegración de las rocas de Imataca.

Figura 5.21 Corte Transversal del Afloramiento con dirección Oeste, este.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La litología de la zona nos indica que por toda el área de estudio predomina la Charnockita la cual es una roca metamórfica de origen magmático, además de que podemos observar saprolitas y mucha vegetación por toda el área de estudio.

La geomorfología de la zona es de tipo lomerío los cual nos indica colinas y desniveles por toda la zona la presencia de un domo nos indica una montaña o un afloramiento en forma de una pequeña montaña por toda la zona peaje de ciudad Orinoco, el Tigre Municipio Independencia estado Anzoátegui.

El suelo de toda el área zona peaje de Ciudad Orinoco, El Tigre Municipio Independencia Estado Anzoátegui es mayormente Arena Gruesa, media y Grava degradada lo cual no indica que es un suelo muy árido y poroso.

Los análisis petrográficos realizados a las muestras obtenidas en el área de estudio Arrojaron que la roca predominante de toda el área es la charnockita y que el afloramiento es homogéneo lo cual nos dice que la charnockita es lo más representativo del área y es una roca que podría ser utilizada en la construcción como piedra picada.

Se realizaron los mapas topográficos y Geológicos mediante levantamientos topográficos de la zona realizando una poligonal mediante rastreo de puntos realizados con GPS rodeando y delimitando toda el área de estudio, una vez delimitada el área se procedió a levantar el corte topográfico y realizar el mapa geológico del área recalando las zonas de muestreos y la litología presentes por toda la zona Peaje de Ciudad Orinoco, El Tigre Municipio Independencia Estado Anzoátegui

RECOMENDACIONES:

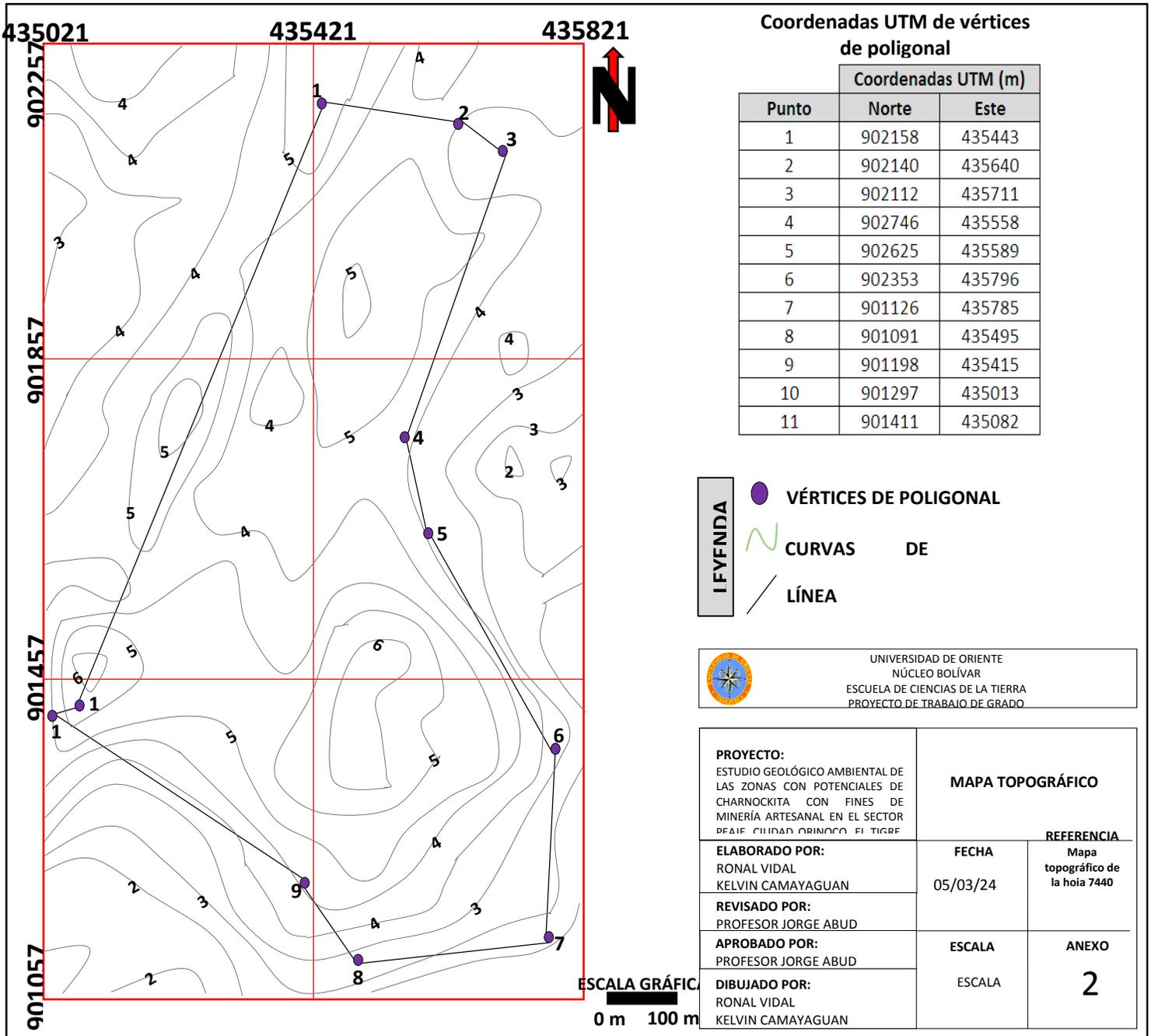
Se recomienda la realización de ensayos de compresión simple a la roca para obtener resultados geotécnicos más precisos.

Se recomienda la realización de levantamientos topográficos por medio del uso del teodolito, para plotear y calcular con mayor exactitud el área y el volumen de los afloramientos, de esta forma la estimación de reservas del yacimiento será más preciso.

Se recomienda tomar en cuenta el impacto ambiental que provocaría la elaboración de una cantera en la zona ya que la misma se encuentra cerca del río Orinoco y por los alrededores hay lagunas creadas por la presencia del mismo además de la vegetación y fauna que habita en la misma la cual se vería afectada si se lleva a cabo la elaboración de una cantera para uso ornamental.

ANEXOS

MAPA TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE LA ZONA PEAJE DE CIUDAD ORINOCO EL TIGRE MUNICIPIO INDEPENDENCIA ESTADO ANZOATEGUI



Coordenadas UTM de vértices de poligonal

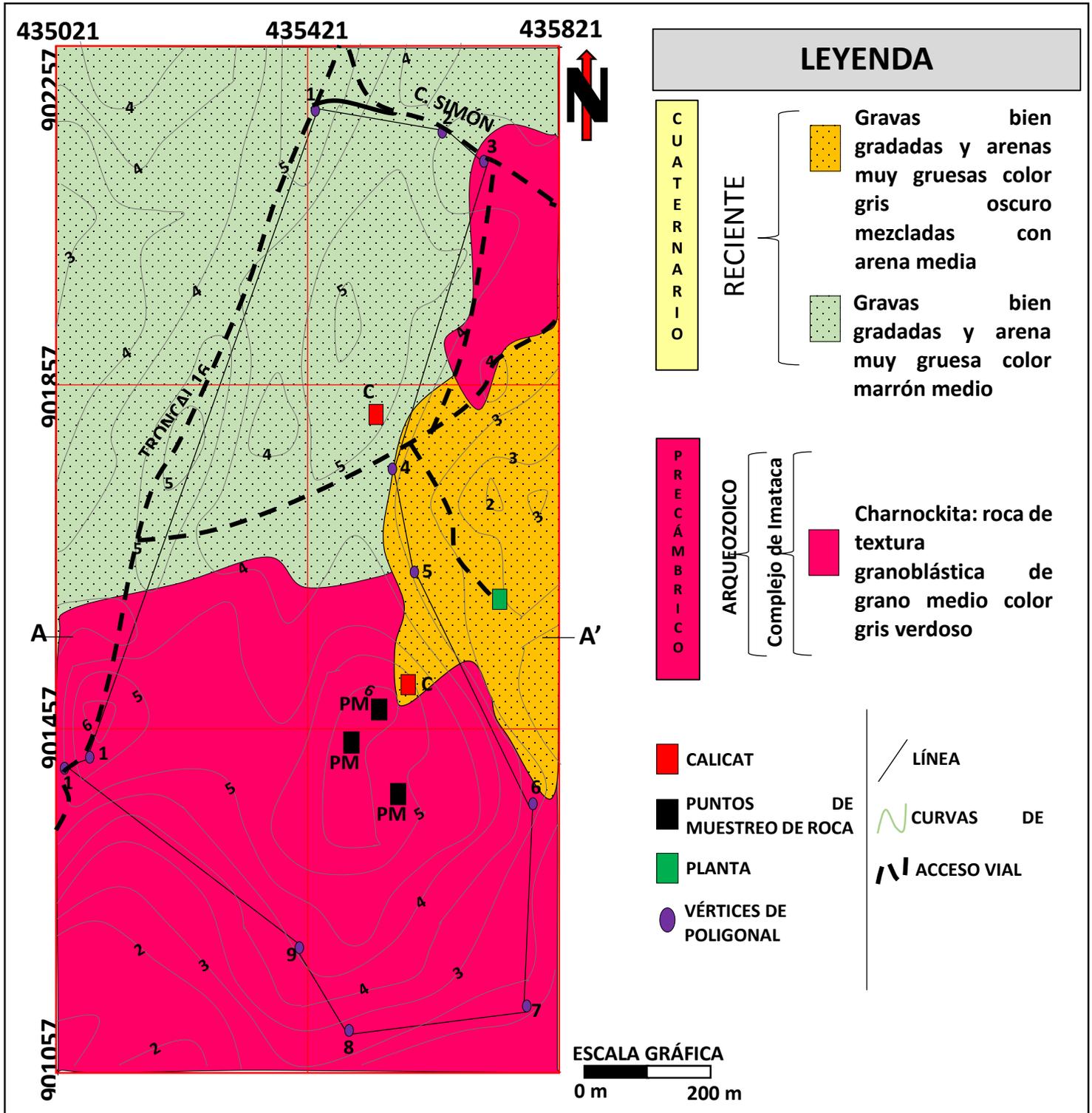
Punto	Coordenadas UTM (m)	
	Norte	Este
1	902158	435443
2	902140	435640
3	902112	435711
4	902746	435558
5	902625	435589
6	902353	435796
7	901126	435785
8	901091	435495
9	901198	435415
10	901297	435013
11	901411	435082

- IFYNDA**
- VÉRTICES DE POLIGONAL
 - CURVAS DE
 - LÍNEA

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
 NÚCLEO BOLÍVAR
 ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
 PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

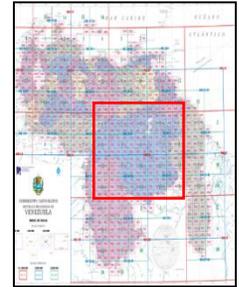
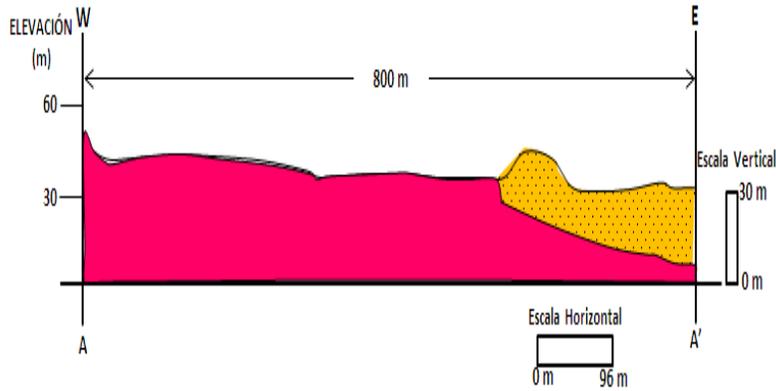
PROYECTO: ESTUDIO GEOLÓGICO AMBIENTAL DE LAS ZONAS CON POTENCIALES DE CHARNOCKITA CON FINES DE MINERÍA ARTESANAL EN EL SECTOR PEAJE CIUDAD ORINOCO EL TIGRE	MAPA TOPOGRÁFICO	
ELABORADO POR: RONAL VIDAL KELVIN CAMAYAGUAN	FECHA 05/03/24	REFERENCIA Mapa topográfico de la hoja 7440
REVISADO POR: PROFESOR JORGE ABUD	ESCALA ESCALA	ANEXO 2
APROBADO POR: PROFESOR JORGE ABUD		
DIBUJADO POR: RONAL VIDAL KELVIN CAMAYAGUAN		

**MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA PEAJE DE CIUDAD ORINOCO EL
TIGRE MUNICIPIO INDEPENDENCIA ESTADO ANZOATEGUI**

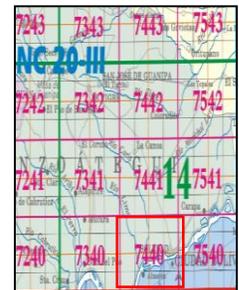


**CORTE ESTRUCTURAL DEL MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA PEAJE
DE CIUDAD ORINOCO EL TIGRE MUNICIPIO INDEPENDENCIA
ESTADO ANZOATEGUI**

Sección estructural A – A'



Situación relativa



Situación relativa

Coordenadas UTM de vértices de poligonal

Punto	Coordenadas UTM (m)	
	Norte	Este
1	902158	435443
2	902140	435640
3	902112	435711
4	902746	435558
5	902625	435589
6	902353	435796
7	901126	435785
8	901091	435495
9	901198	435415
10	901297	435013
11	901411	435082

Coordenadas UTM de puntos de muestreo

ITEM	Coordenadas UTM (m)	
	Norte	Este
CALICATA 1	901478	435532
CALICATA 2	901844	435546
PUNTO DE MUESTREO 1	901476	435531
PUNTO DE MUESTREO 2	901437	435497
PUNTO DE MUESTREO 3	901380	435566



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

PROYECTO:
ESTUDIO GEOLÓGICO AMBIENTAL DE LAS ZONAS CON POTENCIALES DE CHARNOKITA CON FINES DE MINERÍA ARTESANAL EN EL SECTOR PEAJE. CIUDAD ORINOCO. EL

MAPA GEOLÓGICO Y SECCIÓN ESTRUCTURAL

ELABORADO POR:
RONAL VIDAL
KELVIN CAMAYAGUAN

FECHA
05/03/24

REVISADO POR:
PROFESOR JORGE ABUD

APROBADO POR:
PROFESOR JORGE ABUD

ESCALA
ESCALA GRÁFICA

DIBUJADO POR:
RONAL VIDAL
KELVIN CAMAYAGUAN

REFERENCIA
Mapa geológico de la hoja 7440 Cd. Bolívar

ANEXO
1

REFERENCIAS

Arias, F. (2006) EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. (3ra ed.). Caracas: Editorial Episteme. ORAL EDICIONES.

Ballestrini, M. (2006) “COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN”. BL Consultores asociados, Caracas, pp. 120-135

González de Vallejo. (2002) INGENIERÍA GEOLÓGICA. Primera Edición.

Iriondo, M. (2007) INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA. 3era edición editorial brujas, pp. 44.

Tarbuck, E. y Lutgens, F. (2005) CIENCIAS DE LA TIERRA – INTRODUCCION A LA GEOLOGIA FISICA. Madrid 2005, 8 va edición.

García, A. Rosique, M. y Vásquez, S. (1996) TOPOGRAFÍA BASICA PARA INGENIEROS. 1era edición, pp. 4

Estruch, M. Gómez, A. (2003) TOPOGRAFÍA SUBTERRÁNEA PARA MINERÍA Y OBRAS. Primera Edición, pp. 353.

Julio Muñoz Jiménez (1995) GEOMORFOLOGIA GENERAL Tomo II segunda edición, pp. 13.

Nieves O. (2013). ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA LA EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO DE CHARNOCKITA, EN LA ETAPA DE

INGENIERÍA CONCEPTUAL, CERRO LA DANTA-SECTOR CAMBALACHE
ESTADO BOLÍVAR, pp. 21.

Antonio Castro Dorado (2015) PETROGRAFIA DE ROCAS IGNEAS Y
METAMORFICAS, pp. 02.

LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA, (1997) 3ra. Edición,
Publicación Especial No. 12 Tomo I y II. pp 18-28, 318, 450. Caracas - Venezuela.

Alba Jac; Reinales Victor (2014) CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y
GEOTÉCNICA CON FINES ORNAMENTALES, DE LA ROCA
PERTENECIENTE AL AFLORAMIENTO DE LA CANTERA MARINA I,
CONCESIÓN JERONE, MUNICIPIO ANGOSTURA, ESTADO BOLÍVAR.
Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, p 85-88, 131-140.

Kerr, Paul (1965). MINERALOGÍA ÓPTICA. Ediciones Del Castillo. España, pp
3 - 8.

Cristian C y Génesis M (2015) CARACTERIZACION GEOLOGICA Y
AMBIENTEAL DE LA CUENCA DEL RIO LA PEÑA. MUNICIPIO
INDEPENDENCIA ESTADO ANZOATEGUI Universidad de oriente Núcleo
Bolívar, p 9-35.

HOJAS DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	Estudio geologico de las zonas con potenciales de Charnockita con fines de minería artesanal en el sector peaje de ciudad Orinoco el Tigre municipio Independencia estado Anzoategui
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código ORCID / e-mail	
Kevin Camayaguan	ORCID	
	e-mail	kevindejesuscamayaguanmartinez@gmail.com
	e-mail	
Ronald Vidal	ORCID	
	e-mail	ronalvidalantonio@gmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

minerales de la charnockita
minería artesanal
estudio geológico de la charnockita
la charnockita como roca ornamental
Potencia ornamental
Geología

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Área o Línea de investigación:

Área	Sub áreas
Geología/Ingeniería Geológica	Departamento de Geología
	Departamento de Ing. Geológica
Línea de Investigación: Geología/Ingeniería Geológica	

Resumen (abstract):

Resumen

El área de estudio se encuentra ubicada en el municipio independencia estado Anzoátegui en el peaje de Ciudad Orinoco El Tigre, el objetivo general de esta investigación es estudiar geológicamente las zonas con potenciales en Charnockitas con fines de minería artesanal en el Sector Peaje De Ciudad Orinoco El Tigre Municipio Independencia Estado Anzoátegui. La metodología de investigación se definió según los objetivos planteados, siguiendo un tipo de investigación descriptiva debido a que se describen y analizan las características del sitio de interés, con un diseño de investigación de campo lo que permitió obtener los datos directamente de la fuente. La población que se tomara en cuenta corresponde a toda el área que conforma el sector Zona Peaje De Ciudad Orinoco El Tigre Municipio Independencia Estado Anzoátegui y las muestras estarán representadas por 5 estaciones dispuestas por la zona, se logró realizar un reconocimiento en campo en el cual se observó afloramientos ígneos-metamórficos pertenecientes a la provincia geológica de Imataca, sedimentos de la formación mesa, en el área se obtuvieron muestras de charnockitas a las cuales le realizamos el análisis petrológico el cual nos dio un porcentaje de peritita (50%), cuarzo (25%), Hipersteno (10%), Diópsido (5%), Plagioclasas Sódica (5%), esfena, apatito, Microclina, Circón y Opacos (5%), lo cual según el análisis microscópico nos dice que es una roca dura, masiva de grano medio, holocristalina, fanerítica y de color gris verdoso oscuro dada que todas la zona está compuesta de charnockitas podemos decir que el afloramiento es homogéneo.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código ORCID / e-mail										
Jorge Abud Sebastián	ROL	CA		AS		TU	X	JU			
	ORCID										
	e-mail	jorgeabuds@yahoo.com									
	e-mail										
Edixon Salazar	ROL	CA		AS		TU		JU	X		
	ORCID										
	e-mail	edixonsal@gmail.com									
	e-mail										
Félix Martínez	ROL	CA		AS		TU		JU	X		
	ORCID										
	e-mail	fmpetrologo@gmail.com									
	e-mail										

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2024	10	30

Lenguaje: spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
NBOTTG_CMKD2024

Alcance:

Espacial: Peaje Angostura norte frente a la refinadora de madera
Propulso Municipio Independencia Estado Anzoátegui.

Temporal: 2 años

Título o Grado asociado con el trabajo:

Geólogo/Ingeniero Geólogo

Nivel Asociado con el Trabajo:

Pregrado

Área de Estudio:

Geología/Ingeniería Geológica

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente Núcleo Bolívar

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR <i>[Firma]</i>
FECHA <u>5/8/09</u> HORA <u>5:30</u>

Cordialmente,

[Firma]
JUAN A. BOLAÑOS CUMPELO
Secretario

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): “Los trabajos de grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Concejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Concejo Universitario, para su autorización”.



AUTOR

Kevin de Jesús Camayaguan Martínez
CI: 25.963.450



AUTOR

Ronal Antonio Vidal Mongue
CI: 21.577.318



TUTOR

Jorge Abud Sebastián
CI: 4.984.842