

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



**ESTUDIO GEOLÓGICO Y EVALUACIÓN DEL YACIMIENTO
GRANÍTICO UBICADO EN EL FUNDO CAPURIPIA,
MUNICIPIO SUCRE, ESTADO BOLÍVAR.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR EL BACHILLER
MACHADO S. CESAR A., PARA
OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, MAYO DE 2010

HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, intitulado “**Estudio geológico y evaluación del yacimiento granítico ubicado en el Fundo Capuripia, Municipio Sucre, estado Bolívar**” presentado por el bachiller **Machado S. Cesar A.**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

Profesor Félix Martínez

(Asesor)

Profesora Rosario Rivadulla

Jefe del Departamento de Geología

Ciudad Bolívar, _____ de _____ 2010

DEDICATORIA

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 Félix Martínez, 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.

MachadoCesar

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo debo agradecer a mi Padre Celestial, por estar siempre a mi lado, por cuidarme, protegerme, permitiéndome concebir 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, a mis compañeros y amigos que estuvieron junto a mi, desde el principio hasta el final de la carrera.

MachadoCesar

RESUMEN

Este trabajo de grado ofrece un estudio y evaluación de rocas graníticas del yacimiento granítico, ubicado en el Fundo Capuripia, del Municipio Sucre del estado Bolívar, se localiza a 114 kilómetros de Ciudad Bolívar vía a la población de Maripa. Tiene un área de 300 has. La roca presente en el área de estudio fue denominada a partir de análisis petrográficos, como un Granito Cataclástico. La litología del área de estudio pertenece al Complejo de Supamo Removilizado (Provincia de Pastora), son rocas Precámbricas, siendo estas muy antiguas y discordantes a ellos se encuentran depósitos Recientes. Estructuralmente se identifican fallas, sinclinoideas, anticlinoideas, domos y fracturas. A las muestras tomadas se les realizaron análisis macroscópicos, petrográficos, pruebas de resistencia, corte y pulido, para así determinar su composición mineralógica, el corte realizado a la muestra de mano pulida presentó un excelente acabado ornamental. La calidad del producto en el yacimiento la hace ser comercialmente competitivo a nivel nacional e internacional siendo este tipo de roca ornamental atractiva. El desarrollo minero propuesto en este estudio, está apegado estrictamente a la Ley de Minas del estado Bolívar y las Normas Ambientales vigentes.

CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Situación u objeto de estudio	3
1.2 Objetivos de la investigación	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Justificación de la investigación.....	4
1.4 Limitaciones de la investigación.....	4
1.5 Ventajas de la investigación.....	5
CAPÍTULO II	6
GENERALIDADES	6
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	6
2.2 Acceso al área de estudio	7
2.3 Características físico naturales del área de estudio	8
2.3.1 Clima	8
2.3.2 Vegetación.....	9
2.3.3 Fauna	13
2.3.4 Suelo.....	13
2.3.5 Geomorfología	18
2.4 Geología regional	21

2.4.1 Provincia Geológica de Imataca.....	23
2.5 Geología estructural	28
2.5.1 Estructuras mayores: están representadas por las siguientes estructuras ...	28
2.5.2 Estructuras menores	29
2.5.3 Provincia Geológica de Pastora	31
2.5.4 Complejo de Supamo	32
2.5.5 Edad de los Cinturones de Rocas Verdes y del Complejo de Supamo	33
2.5.6 Orogénesis Transamazónica.....	34
CAPÍTULO III	36
MARCO TEÓRICO.....	36
3.1 Antecedentes de la investigación	36
3.2 Propiedades específicas de los yacimientos graníticos	36
3.3 Características de los yacimientos graníticos.....	37
3.3.1 Vistosidad o calidad ornamental	37
3.3.2 Homogeneidad del yacimiento.....	37
3.3.3 Medidas de foliación magmáticas y tectónicas	38
3.3.4 Presencia de oxidaciones.....	38
3.3.5 Estudio del fracturamiento	38
3.4 Calidad de la roca.....	39
3.4.1 Alterabilidad de la roca	39
3.4.2 Las oxidaciones del granito.....	40
3.4.3 Calidad mecánica de las rocas.....	40
3.4.4 Resistencia a la compresión	40
3.4.5 Resistencia a flexión	41
3.4.6 Resistencia al choque	41
3.4.7 Resistencia al desgaste	41
3.4.8 Resistencia a los cambios térmicos	42
3.5 Características físicas-naturales de los granitos en función de los minerales presentes	42
3.5.1 Granulometría	43
3.5.2 Color.....	43
3.5.3 Textura	43

3.6 Aspectos generales de los granitos.....	44
3.6.1 Granitos charnockíticos.....	44
3.6.2 Granitos potásicos	45
3.6.3 Granitos sódicos	45
3.6.4 Granulitas piroxénicas.....	45
3.6.5 Migmatíta	46
3.6.6 Mirmequita.....	46
3.7 Los granitos como rocas ornamentales	47
3.8 Usos del granito	48
3.9 Cálculo de reservas	48
3.10 Métodos y técnicas de explotación del yacimiento granítico.....	49
3.10.1 Diseño de la mina.....	49
3.10.2 Parámetros de explotación	49
3.10.3 Planificación de la producción.....	50
3.10.4 Sistema de explotación.....	50
3.10.5 Métodos de extracción (tecnología).....	51
3.10.6 Etapas en la secuencia de extracción	54
3.10.7 Manejo de material estéril.....	57
3.10.8 Necesidades de perforación y explosivos en general.....	58
3.10.9 Otros insumos	58
3.11 Medidas de seguridad.....	59
3.11.1 Operación de equipos mecanizados	59
3.11.2 Mantenimiento y servicios de los equipos	59
3.11.3 Perforación de barrenos	60
3.11.4 Uso de explosivos	61
3.11.5 Arranque y corte mecanizado	61
3.11.6 Vuelco y manipulación de los bloques	62
3.12 Impacto ambiental.....	63
3.12.1 Impacto ambiental.....	63
3.12.2 Medidas para mitigar los impactos ambientales.....	63
CAPÍTULO IV	69

METODOLOGÍA DE TRABAJO	69
4.1 Nivel y diseño de la investigación	69
4.2 Investigación documental.....	71
4.3 Investigación de campo.....	71
4.4 Investigación experimental o de laboratorio	72
4.5 Análisis petrográfico	73
4.5.1 Sección pulida	74
4.6 Ensayos físico – mecánicos.....	74
4.6.1 Peso específico aparente	74
4.6.2 Coeficiente de absorción de agua.....	75
4.6.3 Resistencia al desgaste o ensayo de abrasión los ángeles	76
4.6.4 Resistencia a la flexión	77
4.6.5 Resistencia a la compresión simple.....	78
4.7 Elaboración del mapa geológico	79
4.8 Comparación con las normas UNE.....	79
CAPÍTULO V	81
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	81
5.1 Codificación y ubicación de las muestras	81
5.2 Resultado de los análisis petrográficos	82
5.2.1 Descripción macroscópica de la muestra de mano	82
5.2.2 Descripción microscópica de la sección delgada	82
5.2.3 Minerales en orden de abundancia decreciente.....	83
5.2.4 Clasificación o tipo de roca.....	83
5.3 Análisis geomecánicos	85
5.3.1 Coeficiente de absorción de agua.....	85
5.3.2 Resistencia a la compresión	87
5.3.3 Ensayo de resistencia al desgaste	89
5.3.4 Resistencia a flexión	91
5.3.5 Peso específico	93
5.4 Geología local	94
5.5 Calculo de reservas	96

5.5.1 Reservas probadas.....	96
CAPÍTULO VI.....	97
GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	97
6.1 Geología económica.....	98
6.2 Factibilidad comercial.....	99
6.3 Consideraciones económicas	99
6.3.1 Para nuestro caso específico.....	100
6.3.2 Por consiguiente la inversión estimada será de orden de inversión	100
6.4 Evaluación económica del proyecto.....	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	104
Conclusiones	104
Recomendaciones.....	105
REFERENCIAS	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Ubicación relativa de la zona de estudio.	6
Figura 2.2 Carretera vía Ciudad Bolívar-Maripa.	7
Figura 2.3 Vegetación presente en los alrededores del yacimiento granítico, ubicado en el Fundo Capuripia.	9
Figura 2.4 Unidades geomorfológicas presentes en la zona de estudio.	18
Figura 2.5 Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana destacando la Provincia, Geológica de Imataca, (Sidder y Mendoza, 1.995 y Martín, 1.972 en Mendoza, 2.000).....	22
Figura 3.1 Método de las isolíneas usado para el cálculo de reservas ,probadas del área de explotación.....	49
Figura 3.2 Pasos a seguir para el arranque, utilizando un equipo de hilo diamantado.Graffe Robert, (2000).....	55
Figura. 3.3 Corte y escuadre de bloques secundarios en la plataforma de los frentes. Graffe Robert, (2000).....	56
Figura 3.4 Escuadrado de bloques. Graffe Robert, (2000).	56
Figura 4.1 Flujograma de la metodología de trabajo	70
Figura 5.1 Micro fotografía de los minerales.....	84
Figura 5.2 Método de las isolíneas usado para el cálculo de reservas ,probadas del área de explotación.....	96

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Coordenadas UTM dentro de las cuales se encuentra la zona de estudio.....	7
Tabla 2.2 Parámetros de las condiciones climáticas realizados por C.V.G. TECMIN, 1989.....	8
Tabla 3.1 Clasificación de las diaclasas según su densidad (Montaño Gregori en Herrero, op. cit).	39
Tabla 3.1 Parámetros de explotación.	50
Tabla 3.2 El patio de almacenamiento se ubica entre las coordenadas.....	51
Tabla 3.3 Relación e impacto ambiental en los sitios donde podría llevarse a cabo la etapa de exploración de rocas graníticas existentes.	64
Tabla 3.4 Medidas para prevenir, mitigar o corregir los impactos ambientales físico-químico.	66
Tabla 3.5 Medidas para prevenir, mitigar o corregir los impactos ambientales físico-químico.	67
Tabla 4.1 Comparación con los parámetros tecnológicos. (Según Deere y Miller, 1968).	80
Tabla 5.1 Ubicación de las muestras, tomadas con GPS.	81
Tabla 5.2 Minerales principales, accesorios y de alteración (%).	83
Tabla 5.3 Coeficiente de absorción de agua en la muestra.	86
Tabla 5.4 Clasificación de la roca de acuerdo a su porcentaje de absorción de agua (Deere y Miller, 1.968).....	87
Tabla 5.5 Resultado del análisis de compresión en las muestras.	88
Tabla 5.6 Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia a la compresión simple (Deere y Miller, 1.968).....	89
Tabla 5.7 Resultados del análisis de ensayo de resistencia al desgaste.	90
Tabla 5.8 Clasificación de la roca de acuerdo a su porcentaje de desgaste (Deere y Miller, 1.968).	91
Tabla 5.9 Resultados del análisis de ensayo de flexión.	92
Tabla 5.10 Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia a la flexión (Deere y Miller, 1.968).	93
Tabla 5.11 Resultado del análisis de ensayo de peso específico.....	93
Tabla 6.1 Distribución de los costos de materiales.	102
Tabla 6.2 Distribución de los costos de personal.	103

INTRODUCCIÓN

El Escudo de Guayana, es una de las regiones de Venezuela que se ha caracterizado siempre por sus rasgos geológicos y mineros. En él podemos encontrar un gran número de minerales, como lo son el oro, hierro, bauxita, caolín, entre otros; pero no solo los minerales son abundantes en Guayana; en esta parte del país también se encuentran gran cantidad de rocas ígneas y metamórficas que por su belleza, resistencia y gama de colores, se han venido utilizando como rocas ornamentales y como material de construcción; entre ellos tenemos granitos, esquistos, gabros.

La gran demanda de materiales ornamentales, tanto a nivel nacional, como internacional, ha atraído a la inversión nacional como foránea, para la evaluación y posterior instalación de canteras. La explotación de estos importantes recursos de materiales no metálicos, además de favorecer la inversión nacional y extranjera, sirve de laboratorio de investigación de los estudiantes dedicados a las ramas afines de las ciencias de la tierra y ambientales.

El presente trabajo muestra los resultados de la investigación geológica realizada al afloramiento con posible uso ornamental ubicado en el Fundo Capuripia, en la vía Ciudad Bolívar - Maripa, Municipio Sucre del estado Bolívar.

En consecuencia, en este estudio se determinarán los factores que precisan la factibilidad de caracterizar desde el punto de vista ornamental los granitos presentes en la zona, para el aprovechamiento del material.

El proyecto esta estructurado en 6 capítulos, siguiendo como lineamientos el manual de trabajo de grado, el primero de ellos analiza la importancia del estudio, el segundo trata las generalidades del área, el tercero se refiere a las bases teóricas utilizadas, mientras que el cuarto capítulo establece la metodología aplicada, en el quinto se analizan los resultados obtenidos, en el sexto se desarrollo la geología económica de la zona de interés, para finalmente pasar a las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Situación u objeto de estudio

En el presente trabajo, se va a realizar un estudio geológico y evaluación del yacimiento granítico ubicado en el Fundo Capuripia del Municipio Sucre del estado Bolívar, Venezuela, con la finalidad de conocer la calidad de la roca para hacer aprovechamiento con fines ornamentales.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Realizar el estudio geológico al yacimiento granítico del Fundo Capuripia, que permitan determinar los aspectos técnicos, económicos y ambientales del mismo para el desarrollo de una cantera de granito, que sirva para complementar al mercado nacional e internacional en lo que respecta a rocas ornamentales.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Realizar observaciones geológicas de campo en la zona de estudio.
2. Estudiar los aspectos geomorfológicos del yacimiento y sus alrededores.

3. Tomar muestras de rocas para análisis petrográficos y pruebas a la resistencia y la abrasión del material granítico.

4. Realizar el levantamiento topográfico del yacimiento utilizando GPS (Marca Megallan).

1.3 Justificación de la investigación

El presente trabajo de investigación, se justifica en la búsqueda de reservas para futuras instalaciones de canteras en la zona.

Con este estudio se pretende seleccionar los mejores prospectos de rocas ornamentales susceptibles a una explotación rentable, es decir, granitos con características competitivas en el mercado ornamental nacional e internacional y con volumen comercial considerable, todo esto en base a los datos que se obtengan de las características de los granitos (físico- mecánicas, estética y petrológica) con miras al diseño de un proyecto que permita el aprovechamiento racional de estos recursos naturales.

1.4 Limitaciones de la investigación

Durante el desarrollo de la investigación se presentaron los siguientes obstáculos:

1. El Tiempo empleado en la preparación y elaboración de los ensayos, a las muestras seleccionadas en campo.

2. Poca disponibilidad por parte del tutor y el propietario del terreno, para realizar visitas al área de estudio.

1.5 Ventajas de la investigación

1. Existe carretera asfaltada desde Ciudad Bolívar a la zona de estudio.
2. El traslado puede realizarse a través de cualquier tipo de vehículo a la zona de estudio.
3. La carretera asfaltada en buenas condiciones facilita la explotación y traslado de bloques
4. Extraídos del yacimiento a zonas industriales.

CAPÍTULO II GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada en el Fundo Capuripia, del municipio Sucre del estado Bolívar, limitando al Norte con el Hato El Tigre, al Sur con la carretera ciudad Bolívar-Maripa, al Oeste con el Fundo La Rinconada y al Este con el Cerro Corozal. El yacimiento en estudio se localiza a 114 kilómetros de Ciudad Bolívar. Tiene un área de 300 has. (Figura 2.1).

A continuación se exponen las coordenadas que comprenden la zona de estudio. (Tabla 2.1).

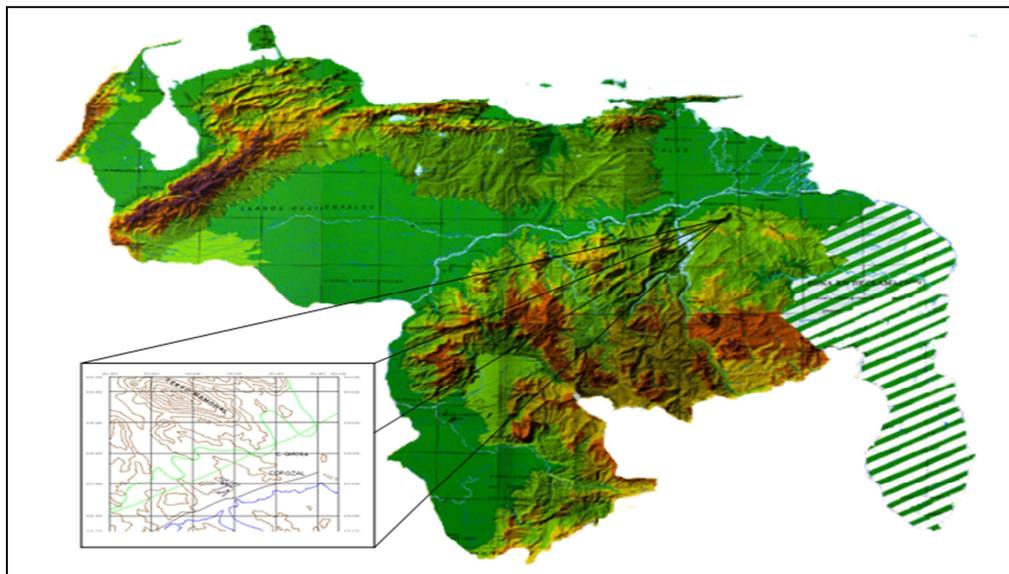


Figura 2.1 Ubicación relativa de la zona de estudio.

Tabla 2.1 Coordenadas UTM dentro de las cuales se encuentra la zona de estudio.

PUNTO	ESTE	NORTE
1	353.000	836.217
2	353.000	838.000
3	355.000	838.000
4	355.000	836.217

2.2 Acceso al área de estudio

La principal vía de acceso a la zona es la carretera asfaltada, que enlaza a Ciudad Bolívar con el poblado de Maripa. El yacimiento granítico se encuentra a 114 Km. de Ciudad Bolívar al Este de la carretera, lo que representa un factor favorable para la instalación futura de una posible cantera en el área .No se cuenta con vías secundarias de acceso hacia el Yacimiento. (Figura 2.2).



Figura 2.2 Carretera vía Ciudad Bolívar-Maripa.

2.3 Características físico naturales del área de estudio

La recopilación de la información presente en este trabajo fue de los estudios realizados por C.V.G. TÉCNICA MINERA (TECMIN, 1989), los cuales permitieron obtener información previa sobre la accesibilidad, el clima, temperatura, suelo, fauna, vegetación, geomorfología, así como otros aspectos relevantes en la zona.

2.3.1 Clima

Según estudios publicados en el proyecto de inventario de recursos minerales de la región de Guayana elaborado por (C.V.G. TECMIN, 1989), las condiciones climáticas se observan en la (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 Parámetros de las condiciones climáticas realizados por C.V.G. TECMIN, 1989.

PARÁMETROS	PROMEDIO
Precipitación total media anual	1100 mm
Evaporación total media anual	2600 mm
Temperatura media anual	26° C
Temperatura máx. media anual	31,5° C
Temperatura mín. media anual	31,5° C
Temperatura mín. media anual	21,5° C
Radiación solar media anual	380 cal/cm. Día
Insolación media anual	7,4 horas
Humedad relativa media anual	37 %
Dirección prevaleciente del viento	E (este) y ESE (este-sureste)
Velocidad media anual del viento	11 Km/h

Vale decir que la zona está caracterizada por un régimen unimodal de precipitación, comenzando las lluvias en el mes de Mayo y terminando en Octubre, con la máxima pluviosidad en el mes de Julio. El período de sequía entre los meses de Noviembre y Abril, siendo Febrero y Marzo los meses más secos el año (C.V.G TECMIN, 1989).

2.3.2 Vegetación

La vegetación en la zona se caracteriza por desarrollar principalmente bosques de paisaje de montaña y en sus adyacencias bosques de paisajes de lomeríos y sabanas gramíneas abiertas en paisajes de peniplanicie. (Figura2.3).

2.3.2.1 Bosques de paisaje de montaña: esta formación de vegetación de carácter decíduo a semidecíduo, se caracteriza por desarrollar a una altura sobre el nivel del mar de 300 m, en montañas bajas muy escarpadas, donde las pendientes superan el 60%.



Figura 2.3 Vegetación presente en los alrededores del yacimiento granítico, ubicado en el Fundo Capuripia.

Los suelos son evolucionados (Tropudults) y superficiales. Aquí los suelos se alternan con afloramientos rocosos en los topes y bloques rodados en las laderas, los cuales sostienen un bosque de altura variable y cobertura media a rala; hacia la zona de contacto con paisajes menos elevados, estos bosques están sometidos a extracción de madera en forma selectiva.

Los bosques más extendidos son los bajos medios y ralos con emergentes que alcanzan alturas hasta 17 m – 18 m.

El sotobosque va de medio a ralo formado mayormente por arbolitos de tallos finos y rectos y abundantes regeneración de bejucos, además de hierbas tales como Heliconias, Maranthaceas, Gramíneas y Helechos, entre otros.

Florísticamente, en el dosel del bosque se encuentran: Ceiba (*Ceiba pentandra*), Pardillo (*Cordia alliodora*), Samán (*Pithecellobium saman*), Jobo (*Spondia monbin*), Yopo (*Piptadenia* sp), Caruto (*Genipa americana*), Alatrique (*Cordia bicolor*), Indio desnudo (*Bursera simaruba*), Trompillo (*Guarea trichoides*), Cabeza de Negro (*Apeida schomburgkii*), Yagrumo (*Cecropia* sp), Onotillo (*apeaba echinata* ó *Bixa* sp), Sangre Dagro (*Pterocarpus* sp.), Guamo (*Inga* sp), Araguaney (*Tabebuia serratifolia*), Zapatero (*Oeltogyne* sp), Aceite (*Copaifera pubiflora*), entre otras.

Es de hacer notar que localmente el bosque está dominado por especies secundarias, llegando a constituir verdaderos matorrales, los cuales generalmente conforman formaciones transicionales hacia la sabana donde se entremezclan especies de ambos ambientes tales como *Curatella americana*, *Biyronima crassifolia*, así como es frecuente encontrar Aceite (*Copaifera pubiflora*) y Bototo (*Cochlospermum orinocensis*), existiendo una fuerte tendencia hacia la satanización producto de las intensas quemadas a los que están sometidos periódicamente.

2.3.2.2 Bosques de paisaje de lomerío: estas formaciones boscosas se desarrollan en lomeríos medios con pendientes entre 16% y 60%, en suelos muy evolucionados producto de la meteorización de granito y gneisses. Los suelos generalmente pertenecen al orden Ultisol, los cuales presentan variaciones atendiendo a los tipos de relieve y a la presencia de afloramiento rocosos, encontrándose por lo tanto diferencias en la fisonomía y estructura del bosque.

Fisonómicamente los bosques presentan coberturas entre 50% y 70% permitiendo la entrada de luz a los estratos inferiores. Estructuralmente el bosque es muy heterogéneo y sin arreglo preferente de las copas, que en algunos casos se encuentran entremezclados por bejucos. La altura de los árboles no sobrepasa de 17 a 18 metros.

En los lomeríos con suelos superficiales de textura arcillo arenosa, se localizan bosques de alturas medias y coberturas rala, con dos estratos arbóreos diferenciándose de las demás formaciones boscosas de este paisaje por la dominancia en el sotobosque de gramíneas (*Lasiaris aff. sorghoidea*) Maranthacea (*Ichnosiphon arouma*), (*Achicoria spp.*) y la palma corocillo (*Atrocaryum mumbaca*).

En la base de los domos, se acumulan material disgregado, que permiten el establecimiento de comunidades boscosas, que en algunos casos sufren perturbaciones producto de las actividades agrícolas y pecuarias, modificando estos ambientes hasta conformar arbustales dominados ecológicamente por *Curatella americana* que se intercalan con pequeños bosquetes o islas arbóreas con alturas entre 10 m y 16 m y diámetros que varían entre 12 cm. y 47 cm.

2.3.2.3 Sabana graminosa abierta en paisaje de peniplanicie: estas comunidades herbáceas se extienden sobre terrenos ondulados donde se alternan suelos de texturas arcillo arenosas en áreas depresionales (vegas y glacis) y suelos arenosos con abundante pedregosidad en superficie y de poca profundidad efectiva en las colinas.

Estas características físico ambientales determinan cambios en el porcentaje de cobertura, encontrando que hacia las colinas con abundantes nódulos de hierro y pisolitas en superficies la sabana es rala, con un porcentaje de cobertura que varía entre 20% y 30%, mientras que en la vega y depresiones aumenta la cobertura, cubriendo entre 25% y 40%.

A la largo de los pequeños cursos de agua se desarrolla comunidades arbóreas, en las cuales la palma *Mauritia flexuosa* es el elemento más sobresaliente, así como también bosques de galería de poca extensión, que en algunos casos se entremezclan con especies del morichal, conformando ambientes transicionales, los cuales evolucionan con el tiempo hacia otras más estables.

Esencialmente se trata de sabanas con un componente herbáceo dominante y elementos arbóreos – arbustitos muy escasos y dispersos hasta de 5 m de altura. El estrato herbáceo presenta dos categorías de alturas una entre 10 cm. y 40 cm. y otra entre 40 cm. y 70 cm.

Las especies leñosas distribuidas irregularmente y de aspecto achaparrado están representadas por *Curatella americana*, *Palicourea rigida*, *Byrsonima verbascifolia* y con muy baja frecuencia individuos arbóreos de *Cassia moschata*, *Xilopia aromática*.

En general estos individuos leñosos se localizan mayormente hacia las zonas de vegas y donde hay acumulaciones de bloques rocosos.

En cuanto a los bosques de galería el área basal promedio es de 16,51 m/ha, con una densidad de 387 individuos por hectárea y las especies leñosas más importantes son *Piptadea peregrina* (Yopo), *Vitex compresa* (Totumillo), *Protium* sp. (Tacamajaca) y *Tabebuia serratifolia* (Araguaneiy). Este mosaico de vegetación conformado por sabanas abiertas, Morichales y bosques de Galería se agruparon en una sola unidad cartográfica, la cual se encuentra su mayor expresión en la peniplanicie al sur de Ciudad Piar, ocupando una considerable extensión (215.098 ha).

2.3.3 Fauna

Debido a las condiciones presentes en el área de estudio (espacio, refugio, alimento, zona de cría y reproducción), la alta intervención presente, el recurso fauna se caracteriza por ser escasa y estar conformada por individuos que exhiben comportamientos migratorios o con capacidad de adaptación al medio existente.

2.3.4 Suelo

2.3.4.1 Asociación *Kanhaplustults* moderadamente esquelético: afloramiento rocoso; más 60% de pendiente. Ocurre dominado a paisajes de lomerío alto y bajo, quebrado y escarpado, con 8% - 16% y 30% - 69% de pendiente, respectivamente y peniplanicie baja de topografía suavemente ondulada, 4% - 8% de pendiente. Por ultimo esta relacionada con paisajes similares, con una fase de topografía escarpada (30% - 60%) de pendiente.

Es importante resaltar, la presencia moderada a altas (25% - 50%) proporciones de afloramiento rocoso y la ocurrencia de una erosión laminar ligera y localizada.

2.3.4.2 Grupo indiferenciado Kanhaplustults moderadamente esquelético: afloramiento rocoso; topografía escarpada con pendientes de 30% - 60%. Esta se encuentra dominado a paisajes de lomeríos bajos, medios y altos, de topografía ondulada, muy quebrada a quebrada y pendientes de 8% - 16%, 30% - 60% y 16% - 30%, respectivamente; igualmente, está relacionada con paisajes similares, y finalmente domina a paisajes de peniplanicie, bajas a medias, suavemente onduladas, con 4 - 8% y 8 - 16% de pendientes, respectivamente.

Los suelos Kanhaplustults moderadamente esquelético, ocurren en los relieves de loma y glacis coluvial, asociados a moderadas proporciones (25 - 50%) de afloramientos rocosos. Se caracterizan por su origen residual y localmente coluvial, desarrollados a partir de rocas de composición granítica, gnesiss graníticos, granitos biotíticos o cuarcitas ferruginosas y monzonitas o de materiales no consolidados derivados de estas rocas, evidencian en su morfología un grado de evolución pedogenética avanzado.

Son suelos comúnmente, superficiales (30 cm. - 50 cm.), aunque también ocurren moderadamente profundos (50 cm. - 100 cm.); poseen un horizonte A, delgado a moderadamente espeso (8 cm. - 13 cm.); de textura areno francosa, franca, franco arcillo arenosa, franco arcillosa y localmente arcillosa, mezclada con frecuentes (15 - 30%) proporciones de esqueletos gruesos, generalmente nódulos de hierro y cuarzo, de tamaño gravilla (0,2 cm. - 2 cm.) y forma mixta.

El horizonte B es moderadamente espeso (15 cm. - 42 cm.); presenta texturas franco arcillo arenosa y arcillosa, de manera dominante, mezcladas con pocas ($5 < \%$) proporciones de esqueletos gruesos (nódulos de hierro y cuarzo), de tamaño gravillas (0,2 cm. - 2 cm.) y forma mixta; sin embargo, en menor proporción ocurren con altas proporciones de esqueletos gruesos. La estructura es comúnmente blanca

subangular, con grado de desarrollo moderado y tamaño variable entre medio, fino y grueso.

Los suelos Kanhaplustults, esquelético, ocurren en los relieves de lomas; generalmente están relacionados a moderadas proporciones de afloramientos rocosos. Se caracterizan por su origen residual, a partir de rocas de composición granítica, en particular granitos biotíticos. Sus rasgos morfológicos y químicos denotan una alta intensidad de los procesos de intemperización y por ende una alta evolución del suelo.

En general, son moderadamente profundos (50 cm. – 93 cm.), con un horizonte A de 20 cm. a 26 cm. De espesor; texturas franco, franco arcillo arenosa, a arcillosa; mezclada con abundantes (30% - 60%) proporciones de fragmentos gruesos, de naturaleza ferruginosa, tamaño variable y forma redondeada. Regularmente la estructura es granular a migajosa, con grado de desarrollo débil y tamaño fino blocosa.

El horizonte B es moderadamente espeso (19 cm. – 42 cm.); presenta texturas arcillosas a franco arcillosa, asociadas con abundantes proporciones (30% - 60%) de fragmentos gruesos, de nódulos de hierro, tamaños variables y forma mixta. La estructura es blocosa subangular, con grado de desarrollo moderado a débil y tamaño fino.

En cuanto al uso no se observa actividad pecuaria, predominantemente extensiva, caracterizada por la poca aplicación de prácticas de manejo. En relación al uso potencial de estas tierras, ellas exhiben un cuadro de severas limitaciones que restringen su uso agropecuario y/o forestal; derivados esencialmente de una topografía escarpada, suelos esqueléticos lo que disminuye drásticamente la capacidad de retención de humedad; alta susceptibilidad a la erosión; presencia de

moderadas proporciones de afloramiento rocoso, los cuales disminuyen el área útil y baja fertilidad natural.

2.3.4.3 Asociación Kanhaplustults moderadamente profundo – Ustorthents esquelético: afloramiento rocoso, 16% - 30% de pendiente. Forma parte de un paisaje de lomerío, bajo y medio, de topografía muy quebrada, con pendientes que oscilan, entre 16% y 30%. Se caracteriza por tener loma y domo como tipo de relieve predominante, y localmente se presentan áreas depresionales (vegas), bordeando a dichos relieves los cuales funcionan como drenes naturales.

Ocurre denominando a paisajes de peniplanicies bajas, suavemente onduladas y onduladas (4% - 8%) y (8% - 16%), respectivamente y paisaje de planicie. A su vez es dominado por paisajes de lomerío medios y altos, con topografía escarpada (30%-60% pendiente). En general, en la unidad se detecta una erosión hídrica del tipo laminar, muy generalizada; presenta además moderadas proporciones de afloramientos rocosos (25% - 40%) y pedregosidad, en superficie.

Los suelos Kanhaplustults moderadamente profundos, ocurren normalmente en los relieves de loma. Se caracterizan por ser de origen residual, se forman a partir de rocas ígneas de composición granítica y gneiss, en ocasiones cuerpos granodioríticos, y mostrar en sus características, físico – químicas, un avanzado desarrollo pedogenético.

Comúnmente son suelos moderadamente profundos (65 cm. – 100 cm.); sin embargo, localmente pueden ser profundos (100 cm. – 130 cm.). Presentan un horizonte A moderadamente espeso (6cm - 10cm); de textura, normalmente, franco a franco arcilloso, mezclada en muchos casos con moderadas proporciones (15% - 30%) de esqueleto grueso. La estructura varía entre blocosa subangular y granular, exhibiendo un grado de desarrollo de débil a moderado y tamaño variable.

El horizonte A yace sobre un horizonte B, de incremento de arcilla (Argílico), espesor (55 cm – 80 cm); de textura franco mixta la estructura dominante es blocosa subangular, con grado de desarrollo moderado a fino y tamaño mixto.

Los suelos Ustorthents, muy superficiales, ocurren normalmente en los relieves de loma y están asociados con altas proporciones de afloramiento rocoso (20% - 30%). Son de origen residual, desarrollados a partir de rocas metamórficas del tipo granodiorita y gneiss o anfibolitas, y exhiben poco rasgo de evolución pedogénica.

Comúnmente son muy superficiales (< 25 cm. de profundidad); poseen un horizonte A, Ocrico, de espesor variable (8 cm. – 25 cm.); de textura franco a franco arcillosa, ocasionalmente arenosa, mezclada con abundante (40% - 60%) proporciones de fragmento grueso; en particular cuarzo y nódulos de hierro. Dicho horizonte descansa normalmente sobre la roca (secuencia de horizonte A/R).

Las tierras del Complejo de Supamo Removilizado, se encuentran predominantemente, bajo una vegetación de sabana arbustiva, asociada con matorrales y no presentan ningún uso actual presente. En lo relativo al potencial de uso, estas tierras presentan un cuadro de muy severas limitaciones que restringen su uso para fines agrícolas y/o pecuario; tales limitaciones se derivan básicamente de las pendientes muy quebradas (16% - 30%), ligera erosión y alta susceptibilidad a ella, moderada a alta proporción de esqueleto grueso en el perfil, que afecta negativamente la retención de humedad aprovechable.

La presencia de moderadas proporciones de afloramientos rocosos, que disminuyen el área de la unidad, como suelo de poca profundidad efectiva y muy baja fertilidad natural.

2.3.5 Geomorfología

2.3.5.1 Montañas bajas, muy escarpadas: es una unidad de montañas bajas, caracterizada por una topografía con pendientes fuertes, superiores al 60%. Corresponde a zonas ocupadas por el cerro Caramene, El Trueno y otros, constituidos por rocas ígneas o metamórficas como: gneises, gabros, metagabros y monzonitas. (Figura 2.4).



Figura 2.4 Unidades geomorfológicas presentes en la zona de estudio.

Esta unidad esta compuesta principalmente por tres tipos de relieve: La Sierra, La Cresta y La Vega.

La sierra: esta compuesta por crestas alargadas y alineadas longitudinalmente. Es el relieve más alto con relación a los que circundan, y

presentan una forma escarpada, con pendientes superiores al 60%. En respuesta a las altas pendientes, la erosión es por remoción de masas en determinados sectores, habiendo además escurrimiento difuso o laminar.

✚ La cresta: presenta una configuración topográfica aguda y escarpada, con pendientes superiores al 60%. Las rocas que conforman estos relieves son en mayor grado: gabros, metagabros, y monzonitas. A consecuencia de las altas pendientes la remoción de masas es el tipo de erosión predominante.

✚ La vega: constituye una zona adyacente a la corrientes intermitentes y es topográficamente la más baja de la unidad actúa como zona receptora de material coluvial, provenientes de niveles superiores, puede ser anegada en épocas de aumento del caudal de los cursos de agua. El material coluvio - aluvial acumulado posee, por lo general, texturas arcillosas.

2.3.5.2 Lomerío alto escarpado: el lomerío alto y escarpado forma parte del basamento del Escudo de Guayana, constituyendo superficies que evolucionan fundamentalmente a partir de procesos erosivos.

Esta unidad esta definida de acuerdo a tres tipos de relieve: La Loma, El Glacis Coluvial y La Vega.

✚ La loma: este tipo de relieve es el más representativo de la unidad y fue modelado a partir de diferentes rocas como el granito, gneises y la anfibolita. Estas lomas presentan desniveles generales entre 150 m y 250 m, son potencialmente erodables considerando las pendientes (30% - 60%) y los distintos niveles de pluviosidad a que están sometidas, sin dejar de lado la susceptibilidad de la roca la meteorización; aunque la erosión se limita en general a un escurrimiento difuso o laminar

✚ El glacis coluvial: constituye la fase de deposición del material detrítico proveniente de las lomas en transición hacia los canales de escorrentía o vegas. El escorrimiento difuso predomina como tipo de erosión generalizada, sobre perfiles rectilíneos con pendientes locales de 4% a 8%. Aunque puede presentarse erosión en surcos de manera localizada.

✚ La vega: es el tipo de relieve que divide todo el sistema interfluvial del lomerío y define marcadamente el patrón de drenaje del paisaje, las pendientes y procesos son muy variables, aunque genéricamente están entre 0 y 4%, con aportes en mantos aluviales y/o coluvio – aluviales.

2.3.5.3 Variable especiales: El tectonismo, como factor transformador del relieve, probablemente a traído consigo diferencias particulares en la repartición espacial de la unidad, así, por ejemplo, se hacen muy extensas en la inmediaciones del río Arisa y menos pronunciada arealmente en otros lugares donde hay menor grado de fracturación, como al Noroeste, donde existe una secuencia de fallas paralelas de orientación Sureste – Noroeste.

2.3.5.4 Peniplanicies baja suavemente ondulada: la superficie de esta unidad es uniforme en consecuencia de un mayor rebajamiento por parte de los procesos de peneplanación que han tardado un tiempo muy largo, en la escala geológica, para meteorizar rocas como granitos, gneises graníticos, diabasas, gabros y cuarcitas ferruginosas. Incluyen algunas elevaciones como los domos o inselbergs. Es de agregar que dicha unidad se localiza por debajo de los 200 msnm.

La unidad se define de acuerdo a dos tipos de relieve: La Colina y La Vega.

✚ La colina: son relieves de perfil convexo, muy rebajados debido a la actividad de los procesos erosivos que los han afectado. La topográfica es suavemente ondulada, con pendientes entre 4% y 8%. Se desarrollan sobre rocas graníticas del complejo Imataca y, a su vez, sobre diabasas, gabros y cuarcitas ferruginosas. La erosión es por escurrimiento difuso a modo de surcos locales.

✚ La vega: es el tipo de relieve más bajo o deprimido de la unidad. Con pendientes entre 0 y 4%, sobre formas planas y alargadas, adyacentes a los cursos de agua, los cuales son de régimen tanto permanente como intermitente, cuyas deposiciones laterales son de naturaleza coluvio – aluvial.

2.4 Geología regional

El Escudo de Guayana se extiende al sur del río Orinoco y ocupa algo más del 50% de la superficie de Venezuela. Está litológicamente formado por rocas Precámbricas, es decir, antes de la Era Paleozoica o Primaria. Estas rocas constituyen unas de las formaciones geológicas más antiguas del planeta. La composición del macizo está representada fundamentalmente por rocas ígneas producidas por la solidificación magmática en el fondo de los mares primitivos, que posteriormente emergieron como grandes bloques continentales; luego el metamorfismo influyó en la transformación de parte de estas rocas y de otras más jóvenes que fueron apareciendo. (González de Juana, 1.980).

Basándose en características petrológicas y tectónicas, el Escudo de Guayana ha sido dividido en cuatro Provincias Geológicas (Menéndez, 1.968), que en orden de edad de más antigua a más joven son Imataca-Pastora-Cuchivero-Roraima. (Figura 2.5).

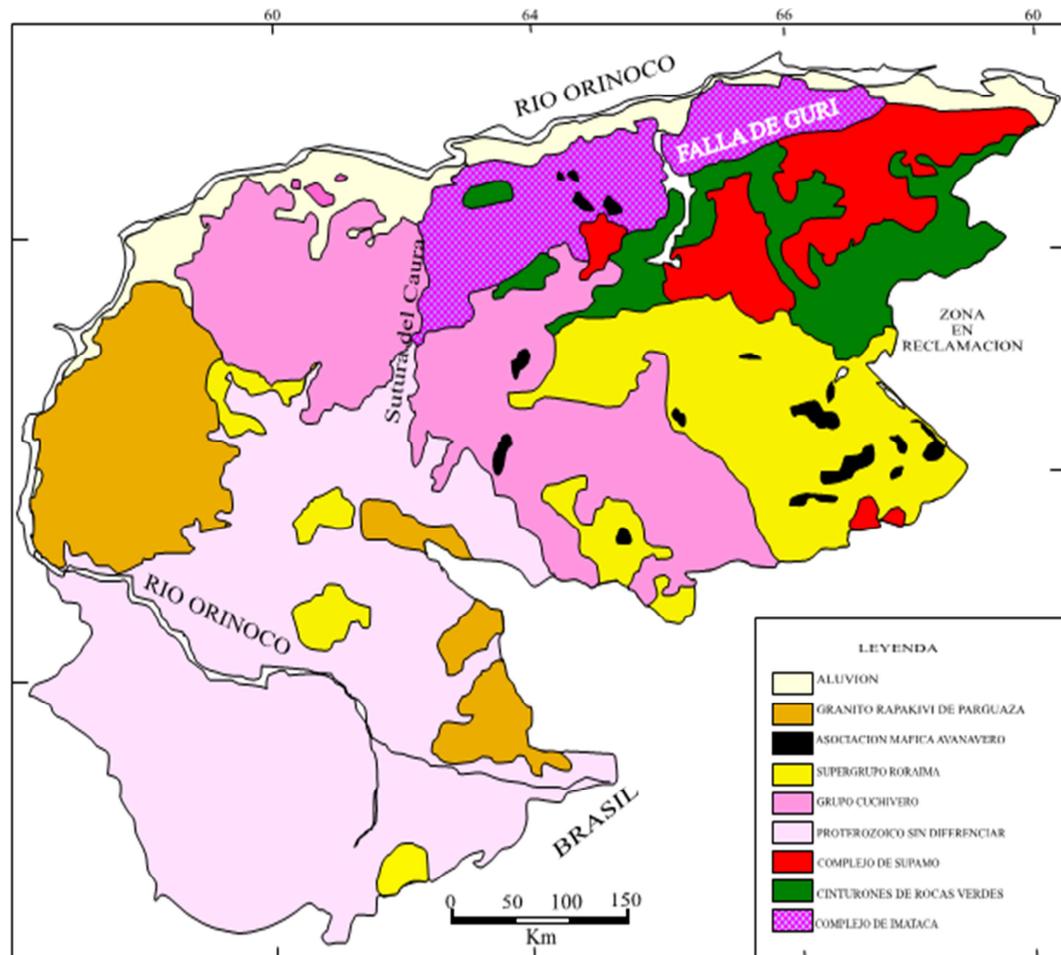


Figura 2.5 Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana destacando la Provincia Geológica de Imataca, (Sidder y Mendoza, 1.995 y Martín, 1.972 en Mendoza, 2.000).

Los afloramientos que se encuentran en la zona de estudio se ubican dentro del Complejo de Supamo, que pertenece a la Provincia Geológica de Pastora, el cual intrusivo a la Provincia Geológica de Imataca.

2.4.1 Provincia Geológica de Imataca

La Provincia Geológica de Imataca se extiende en dirección Suroeste-Noreste desde las proximidades del río Caura hasta el delta del Orinoco y en dirección noroeste- sureste aflora desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Guri, de unos 550 Km de largo y 80 Km de ancho, respectivamente. (Mendoza, V. 2000).

Litológicamente la Provincia Geológica de Imataca esta formada por gneises graníticos y granulitas félsicas (60%-75%), anfibolitas y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (15%-20%) y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro, dolomitas, charnockitas, anortositas, y granitos intrusivos, mas jóvenes y remanentes erosiónales, menos metamorfizados, y mas jóvenes cinturones de rocas verdes. El metamorfismo registrado en estas rocas decrece desde la mina de hierro El Pao, con granulitas de dos piroxenos en charnockitas, anortositas, y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (que sugieren temperaturas de hasta 750-850 °C y moderadas a elevadas presiones de 8 a 8,5 Kbs, equivalentes a menos de 30 Km de presión de rocas), hacia la zona de Gurí, con anfibolitas y migmatitas, rocas graníticas, con granate-cordierita.sillimanita (que implica temperaturas de 650-700 °C y presiones de 4 a 7 Kbs). Estas rocas de alto grado metamórfico se interpretan como evolucionados primitivos cinturones de rocas verdes y complejos graníticos potásicos y sódicos, varias veces tectonizados y metamorfizados hasta alcanzar la facies de la anfibolita y granulita. (Mendoza, et al, op.cit).

En la Provincia Geológica de Imataca afloran el Complejo de Imataca, la Migmatita de la Ceiba e Intrusivos Jóvenes.

2.3.1.1 Complejo de Imataca: el término “Complejo de Imataca”, lo introduce (Mendoza, V. 2000), por considerar que la complejidad de la estructura hace improbable que se logre la determinación de una sucesión inequívoca de formaciones dentro del conjunto. El complejo de Imataca es una Unidad de rocas cristalinas (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1.969), originalmente sedimentarias en la actualidad intensamente metamorfozadas y estructuralmente compleja, perteneciente al Precámbrico y representada principalmente por un rumbo general N 70° E, con un buzamiento general hacia el sur; está ubicado al norte de Guayana expandiéndose a la margen del río Orinoco, ocupando una anchura que va de 65 a 130 Km, con una longitud de aproximadamente 510 Km. La edad se estima en 2.6 G.a, de acuerdo a las dataciones radiométricas Sm/Nd.

El Complejo de Imataca está propiamente caracterizado por una serie de horizontes ferríferos interestratificados con gneises cuarzo feldespáticos y anfibolitas, piroxenitas, afectados a su vez por intrusiones de rocas graníticas y diques basálticos. (Léxico Estratigráfico de Venezuela., et al, op.cit.).

2.4.1.2 La Migmatita de La Ceiba: es un nombre empleado originalmente por (Kalliokosky, 1.965), cuyas rocas consisten en dos componentes esenciales; una roca anfitrión de gneis cuarzo feldespático de grano fino a medio y una roca huésped de composición granítica de grano medio a grueso.

2.4.1.3 Intrusivos jóvenes: dentro de los intrusivos jóvenes se encuentran el Granito de la Encrucijada (Kalliokosky, 1.965), la Monzonita Cuarcifera del Cerro Guanacipana (Kallioskosky, et al, op.cit) y algunos cuerpos granodioríticos.

La Provincia de Imataca registra seis o más dominios tectónicos, separados entre sí por grandes fallas de corrimiento. Internamente el plegamiento es isoclinal con replegamiento más abierto. En la parte norte los pliegues tienen rumbo Nor-

Oeste, mientras que en la parte sur, la tendencia dominante de los pliegues es $N60^{\circ}-70^{\circ}E$, que es la que predomina regionalmente, es decir, aproximadamente paralela a la falla de Gurí. (Mendoza, V. 2000).

(Ascanio, 1.975) postulo que parte, al menos del Complejo de Imataca, esta formado por varias Fajas Tectónicas que representan microcontinentes que por deriva chocaron unos contra otros con Obducción y Subducción, quedando separados entre si por grandes corrimientos.

Ascanio denomino a estas Fajas como La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra, y Cerro Bolívar. Ascanio, (1.975) destacó los tipos de rocas graníticas, charnockíticas y migmatíticas asociadas a cada una de estas Fajas Tectónicas y su importancia en uso ornamental e industrial.

Ascanio definió cada Faja de la siguiente manera:

🚧 Faja La Encrucijada: conformada principalmente por gneises piroxénicos y monzogranitos de colores verdes, grises y rosados, con textura de grano medio a grueso, se presentan bandeados, a veces granulares y en ocasiones porfídicos y dentro de los cuales se han emplazado sienitas cuarcíferas y los granitos de La Encrucijada. (Ascanio, 1.975).

🚧 Faja Ciudad Bolívar: constituida por gneises cuarzo-feldespático de grano grueso, generalmente granatíferos, intercalados con esquistos y anfibolitas. Contiene formaciones de hierro de grano medio, entre los cuales el de mayor importancia es el Cerro María Luisa. Las estructuras presentan un rumbo general $N60^{\circ}W$. Al Norte del cerro María Luisa y hacia el sur de la serranía de Buenos Aires; María Luisa Presenta el desarrollo de gneises monzograníticos, sienograníticos y granodioríticos con textura de grano grueso, de color rosado, dentro de los cuales se observa la presencia

de restos de gneises anfibolíticos. De esto se deduce, que aquí sucedió la ocurrencia de un proceso de cuarzofeldespatización que avanzo reemplazando la plagioclasa por microclino y formando vetas de cuarzo en los contactos de los gneises con las anfibolitas. (Ascanio, et al, op.cit).

✚ Faja de Santa Rosa: reposa sobrecorrida sobre la faja de Ciudad Bolívar y debajo de la Faja La Naranjita, La Ceiba y Laja Negra. La Faja de Santa Rosa se encuentra representada litológicamente por gneises cuarzo-feldespatítico-biotítico, gneises bandeados e intercalados con anfibolitas y capas delgadas de formación de hierro y cuarcita blanca. El rumbo general de la faja es de N 60° W. (Ascanio, et al, op.cit).

✚ Faja La Naranjita: esta faja constituye un codo estructural del Complejo de Imataca. Al este del sitio denominado La Naranjita, las estructuras se presentan con una dirección nor-este, mientras que al oeste toman un rumbo preferencial nor-este. La faja esta representada por una litología que consiste básicamente en afloramientos de gneises de grano grueso, en ocasiones bien bandeados, intercalados con anfibolitas y con lentes delgadas de formación de hierro. Un detalle característico de esta faja, es la presencia de estructuras de pliegues de doble declive. (Ascanio, et al, op.cit).

✚ Faja La Ceiba: aflora desde 18 Km al Oeste del Cerro La Ceiba hasta el río Tocomá, al pie del Cerro Toribio. La faja presenta una forma lenticular con una anchura que no va mas allá de 10 Km y, esta conformada litológicamente por gneises cuarzo-monzoníticos de color rosado, con textura de grano grueso, contorsionados con desarrollo de pegmatitas paralelas al bandeamiento. El conjunto litológico es bastante uniforme y, al sufrir los efectos de los agentes del intemperismo, se erosiona produciendo formas topográficas dómicas, redondas y desnudas. Las estructuras presentan un rumbo general N 45° W. (Ascanio, et al, op.cit).

🚧 Faja Laja Negra: esta faja se presenta cruzada por la carretera Ciudad Piar-Ciudad Bolívar, desde el puente del río Yuanó hasta el puente del río Orocopiche. Litológicamente esta constituida básicamente por gneises cuarzo-feldespático-biotítico, contorsionados, de grano grueso, con vetas delgadas de pegmatitas que en ocasiones corta el bandeamiento; sin embargo, en la mayoría de las veces es paralela a este. (Ascanio, et al, op.cit).

🚧 Faja Cerro Bolívar: esta faja se observa aflorante desde la falla de Gurí-río Carapo. Su composición litológica se define como gneises cuarzo-feldespático de colores grises y rosados, formaciones de hierro de poco espesor, las cuales afloran en los núcleos de los anticlinales. Las formaciones de hierro de grano fino, las cuales se encuentran alojadas en la parte superior de los sinclinorios, llegan a alcanzar hasta 200 mts de espesor. Estas formaciones son de vital importancia desde el punto de vista geológico-minero y económico, ya que a partir de ellas, por procesos de laterización, se originaron los yacimientos ferríferos de los Cerros Arimagua, San Isidro, Altamira, Cerro Bolívar, El Trueno, y otros cercanos. Las estructuras de estas fajas presentan un rumbo preferencial N 60° E, con un grado de metamorfismo que varia desde anfibolita hasta granulita piroxénica. (Ascanio, et al, op.cit).

Ascanio, (1.975), reconoce el Complejo de Imataca en la región Caroní-Aro-Paragua y lo describe como constituido por paragneises granulíticos y migmatíticos con boudines de granulita (80%); paragneises cuarzo feldespáticos intercalados con gneises hematíticos y horizontes de cuarcita ferruginosa que se intercalan, a su vez, con ortoanfibolitas. Este conjunto ha sufrido metamorfismo de la facies de la granulita.

2.5 Geología estructural

El modelo estructural de la Provincia Geológica de Imataca, Mendoza, (1973), estuvo regido por dos factores: Pliegues de flujos sintectónicos y fallas transcurrentes tardía a post-tectónica. Las rocas del Complejo de Imataca se extienden como una gran faja de rumbo Nor-Oeste y de extensión superior a los 65 Km, las lineaciones (fallas, ejes de pliegues, diaclasas, etc.), presentan una dirección preferencial Nor-Este y en menor grado Nor-Oeste. En el Complejo de Imataca se identifican dos tipos de estructuras:

2.5.1 Estructuras mayores: están representadas por las siguientes estructuras

2.5.1.1 Falla de Gurí: es el rasgo megatectónico más relevante del Escudo de Guayana, separa las Provincias de Imataca, al Norte de Gurí, de Pastora, al Sur. Esta es una falla muy antigua.

2.5.1.2 Falla de Santa Bárbara: esta falla presenta un rumbo Este-Oeste aproximadamente, de extensión superior a los 80 Km; se intercepta con la falla de Gurí, a unos 5 Km de la población Laja Negra. Esta falla parece controlar las aguas del río Santa Bárbara, por espacio de unos 8 Km al Sur-Este de la población del mismo nombre. Esta falla inversa, constituye el límite principal entre los terrenos de Imataca y Carichapo al Sur de Ciudad Piar. (Kallioskoski, 1965).

2.5.1.3 Falla de río Claro: se extiende en dirección Este-Oeste aproximadamente, al Sur del puente del río Claro, cortando la carretera de Ciudad Piar y la vía Ferroviaria. Presenta una zona de rocas trituradas que incluyen milonitas de muchos metros de ancho. (Kallioskoski, 1965).

2.5.1.4 Falla de río Carapo: esta falla controla estructuralmente las aguas del río Carapo, y se extiende con rumbo Este-Oeste, hasta interceptar la Falla de Gurí, afectando la falda Norte del Cerro Bolívar. (Kallioskoski et al, op.cit).

2.5.2 Estructuras menores

Estas estructuras están representadas por pliegues, diaclasas, fallas y otras estructuras menores a las que hacemos referencia a continuación:

2.5.2.1 Pliegues: los pliegues presentes en la Provincia Estructural de Imataca son estructuras cerradas, donde ha sido posible el transporte lateral, la mayoría son anticlinales alargados; donde los componentes horizontales del esfuerzo han sido uniformes; las estructuras resultantes son ovaladas o redondeadas. (Kallioskoski et al, op.cit).

Según (Kallioskoski et al, op cit), los pliegues de mayor tamaño son estructuras amplias definidas por la filiación gnéisica, y por las lomas de cuarcitas ferruginosas. Los pliegues más importantes son:

- ✚ Gran sinclinoide de río Claro. (Kallioskoski et al, op.cit).

- ✚ Anticlinoides de río Espíritu, Cerro María Luisa, Laguna Alta, La Naranjita y Mundo Nuevo, El Purgatorio y Cafecillal. (Kallioskoski, 1.965).

- ✚ Domos: representan estructuras desarrolladas por rocas intrusivas graníticas que originan plutones concordantes, dando origen a un doble declive (Domos Alargados), en las crestas de los anticlinales. (Kallioskoski et al, op.cit).

✚ Pliegues menores y foliaciones: al Sur del Cerro Buenos Aires y la Puri, se observan buenos ejemplos de pliegues con longitudes de onda de orden de los 100 m. (Kallioskoski et al, op.cit).

✚ Filiación: se observa foliación paralela a los ejes de los anticlinales. (Kallioskoski et al, op.cit).

✚ Fracturas: la presencia de fracturas es notoria en diferentes dimensiones, que van desde los 2 cm hasta los cientos de metros, con un dominio de dirección Nor-Este y Nor-Oeste.

Existe continuidad en una gran cantidad de estas estructuras en cuanto a su rumbo, el cual es parecido al de la Falla de Gurí y los anticlinales predominantes en la zona. Se presenta abundantes lineaciones las cuales pueden observarse en las localidades de Río Claro, Tocomá, Buenos Aires, San Juan de Tocomá, Truito, Cerro Toribio, Cerro Tambor, Cerro Cruajillal, Moitaco, Cerro Carareño, Cerro Paraguaycito, Agua Blanca, Río Caño del Medio, y entrada del Cristo entre otros. (Kallioskoski et al, op.cit).

✚ Diques: existen dos ejemplares de diques de diabasas, separados por la falla de río Claro aparentemente, el primero se presenta con un rumbo $N30^{\circ}W$, afectando un área aproximada de 260 Km, ubicada a unos 30 Km al Nor-Oeste del Cerro Bolívar; el segundo ejemplar esta ubicado a unos 221 Km al Sur-Oeste del Cerro Bolívar, con un rumbo $N40^{\circ}W$ aproximadamente, afectando un área de unos 38 Km. (Kallioskoski et al, op.cit).

2.5.3 Provincia Geológica de Pastora

La Provincia Pastora (PP) se extiende desde la Falla de Gurí al Norte hasta las proximidades del Parque Nacional Canaima al Sur (Km 95 carretera El Dorado-Santa Elena), por el Este hasta los límites con la Zona en Reclamación del Esequivo y al Oeste hasta el *Río* Caura. Los mismos comentarios sobre su posible extensión al Oeste del Caura que se hicieron sobre la Provincia Imataca son válidos para la PP.

La Provincia de Pastora o provincia del oro, está formada por CRV, delgados, más antiguos, tectonizados, tipo Carichapo formados en/o cerca de un arco de islas en una zona de convergencia y CRV, más anchos, jóvenes y menos tectonizados y menos metamorfizados, tipo Botanamo, formados en la cuenca delante del arco de islas y complejos graníticos sódicos, como el Complejo de Supamo, siendo toda la secuencia intrusionada por granitos potásicos o "sensu estricto", dioritas y rocas gabroides con escasos y no bien definidos complejos máficos-ultramáficos, ofiolíticos o no, tipo Yuruan-Uroy, e intrusiones de diques anulares como Nuria y sills de diabasas y rocas asociadas norítico-gabroides con algo de cuarzo. Los CRV más antiguos muestran tendencias estructurales próximas a NS (N 100E a N 20°), mientras que los CRV más jóvenes casi siempre muestran tendencias en ángulo recto con las anteriores, próximas a E-O (N 70°-80° E). El choque de estas dos tendencias y de ambos tipos de CRV puede observarse claramente en imágenes de radar que cubren la zona del río Marwani, quedando más detallado en los estudios de CVG Tecmin CA-USGS. (Salazar y otros, 1989 en Mendoza, 2000).

En la región de Guasipati-EI Callao aflora una buena sección del Supergrupo Pastora (Menéndez, 1968), CRV antiguo, compuesto del Grupo Carichapo y la Formación Yuruari. El Grupo Carichapo está constituido de las formaciones Cicapra, predominantemente komatítica, Florinda; basáltico tboleítica a komatítica y El Callao, típicamente basáltico-andesítica ("basandesitas") toleíticas. Rocas

metasedimentarias y metavolcánicas de El Tomo-Real Corona, al Oeste del río Aro fueron correlacionadas por (Kalliokoski 1965) con el Grupo Carichapo. La presencia de basaltos komatíticos pudiera sugerir, alternativamente, que el CRV de Pastora se formó sobre una pluma de calor del manto superior en una placa oceánica, formando parte de un arco de islas oceánicas, más primitivas, con menos sedimentos asociados, con abundancia de basaltos toleíticos oliviníferos o magnesianos.

Rocas del Supergrupo Pastora más el Grupo Botanamo son correlacionadas con aquellos CRV del Supergrupo Barama-Mazaruni de Guyana, el Grupo Marowijne y el Grupo Coeroni de Suriname, la Serie Paramaca (Grupos Orapú y Bonidoro) de la Guayana Francesa y el Grupo Vila Nova de Brasil (Mendoza, 1973) y el CRV de Parima-Caurame del Alto Orinoco-Surucucú de Brasil (Tassinari y otros, en Mendoza, 2000). Estos CRV y rocas graníticas asociadas forman de la gran provincia Maroni-Itacaiuna, un cinturón móvil que forma gran parte de rocas supracorticales del gran Cratón Amazónico. Los CRV más antiguos de Pastora son posiblemente correlacionables con CRV del Birrimian de África Occidental.

2.5.4 Complejo de Supamo

El Complejo de Supamo fue considerado por (Mendoza, 1973) como un conjunto de rocas graníticas, intrusivas y/o reactivadas, -en rocas del Súpergrupo Pastora, con alto contenido de Na₂O, tales como tonalitas, trondjemitas, granodioritas (TTG) cuarzo-monzonitas, gneises y migmatitas equivalentes. Las rocas graníticas con normal a alto contenido de K₂O y bajo a normal de Na₂O, o granitos "sensus stricto", fueron consideradas por esos autores, como granitos más jóvenes, evolucionados e inclusive intrusivos en el Complejo de Supamo y hasta en los CRV más jóvenes como el de Botanamo. Los granitos del Complejo de Supamo, generalmente, forman domos expandidos y arqueados contra los apretados y replegados sinformes de CRV, como los domos de El Manteco, Santa Justa y otros.

Asociados a estas rocas existen una serie de plutones pequeños y pórfidos ricos en cuarzo. Geomorfológicamente forman áreas bajas y planas, sabanas, con escasa vegetación y suelos muy arenosos, ricos en cuarzo y en vetas de cuarzo estériles, que desarrollan suelos arenosos de color blanco grisáceo a amarillento.

2.5.5 Edad de los Cinturones de Rocas Verdes y del Complejo de Supamo

Rocas graníticas del Complejo de Supamo, como las de Pueblito, intrusivas en CRV tipo Grupo Carichapo dieron edades por U-Pb en circones entre 2.8 Ga a 2.6 Ga, pero fueron reinterpretadas por (Mendoza, 1973) de 2.25 a 2.10 Ga. Gneises de Bartica, equivalentes del Complejo de Supamo, arrojaron una edad de 2.22 Ga por UIPb en circones. Actualmente la edad más antigua estimada para las rocas del Complejo de Supamo es 2.30 Ga. (Klar, 1979 en Mendoza, 2000).

Rocas volcánicas máficas, en Sm/Nd, arrojaron edades similares de 2.16 a 2.08 Ga (Mendoza, 2003) para el emplazamiento de lavas de algunos CRV y los pórfidos intrusivos de Mandigal y Cerro Pelón. Tobas dacíticas de la Formación Yuruari, en circones dieron una edad de 2.131 ± 10 Ma.

Edades similares en el rango 2.18-2.07 Ga presentan algunos CRV del Birrimian de Africa Occidental (Mendoza, 2003) concluyen que la probable edad del "rifting" o apertura del océano donde se formaron los CRV de Pastora y Barama-Mazaruni es cercana a los 2.3 Ga.

CRV de Guyana (Barama-Mazaruni) dan edades U-Pb circones de 2.24 Ga (Mendoza, 2000), de Suriname (Grupos Marowijne y Correón) de edades Rb-Sr 1.95, Guayana Francesa (Grupo Pararnaca) de edad Sm-Nd 2.1 Ga y trondjemitas intrusivas de 2.21 Ga, del Norte de Brasil, Amapá (Grupo Vila Nova), CRV Ipitanga de 2.26 Ga y Parima-Cauarane del estado Amazonas de 2.24 Ga.

El basamento de los CRV de La Esperanza y El Tomo fueron gneises de Imataca, es decir de edad Arqueozoico. Sin embargo la cuenca, de 45 Km de largo por 16 Kms de ancho, donde se depositaron estos CRV muestra rocas basales gneisicas del tipo Complejo de Supamo de 2.24 Ga por U/Pb. (Mendoza, 2003) lo cual implicaría que la apertura del océano La Esperanza-El Tomo es de por lo menos esa edad o más joven y de que rocas graníticas de edad Complejo de Supamo también son intrusivas en el Complejo de Imataca.

2.5.6 Orogénesis Transamazónica

La Orogénesis Transamazónica en el Escudo de Guayana se define (Mendoza, 1973) como una sucesión de eventos que originaron la deformación, metarnorfismo y actividad magmática ocurrida entre 2.15 Ga y 1.96 Ga, aunque pudo iniciarse incluso antes de los 2.3 Ga.

Las rocas del Supergrupo Pastora fueron deformadas en dos fases o episodios de actividad tectónica durante este intervalo, mientras que las rocas del CRV de Botanamo, más joven, solo fueron afectadas por el segundo evento de deformación. Su equivalente en Africa Occidental es la Orogénesis Ebumean ocurrida entre 2.20 Ga-1.98 Ga. (Cohen y Gibbs en Mendoza, 2000).

La deformación DI está representada por corrimientos, la foliación S 1 es subparalela a la estratificación (So), la lineación Ll es la intersección de la estratificación y la foliación, plegamiento isoclinal Pl y metamorfismo de bajo a medio grado (FEV-FA). La deformación DI es atribuida a tectónica colisional. Volcanismo calco-alcalino y depositación de material turbidítico en el Birrimian superior y de los conglomerados de Tarkwaian, equivalentes a las Formaciones Caballape y Los Caribes, respectivamente, siguieron a la deformación que afectó los CRV del Transamazónico, equivalente en parte al Birrimian Inferior y de su

equivalente de Pastora, D1. La deformación D2 fué un evento de fallamiento transcurrente siniestral que está, solo localmente, asociada a corrimientos., plegamiento recumbente tipo P2, clivaje de crenulación S2, foliación de crénulos SI, lineación L2 y bajo a muy bajo grado metamórfico. D2 afectó a los CRV tipo Botanamo.

Rocas del Grupo Cuchivero, de 1.98-1.79 Ga son consideradas por el presente autor como muy tardías tectónicas a post- Transamazónicas. En efecto, hacia el final y después del cierre de los océanos Pastora y Botanamo, de la colisión y amalgamación de los CRV, equivalentes a arcos de islas y granitos relacionados, contra el Complejo de Imataca, como parte occidental del nuevo supercontinente (Atlántica), se inició un arco magmático postcolisional intracontinental, calco-alcalino, tal como hoy se observa en la Gran Cordillera de Colombia-Perú-Chile y Centro América. Similar, pero menos voluminoso, ocurrió un magmatismo postcolisional, post- Eburnean, en el Escudo Reguibat de África Occidental, entre los 1.97 Ga y los 1.75 Ga.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Los afloramientos graníticos del Fundo Capuripia, no han sido estudiados previamente a cabalidad con todos los parámetros requeridos en una caracterización geológica. Los estudios realizados con anterioridad en el área, solo han sido de carácter topográfico, específicamente en la delimitación de los linderos del fundo y de las características más resaltantes dentro de sus límites.

3.2 Propiedades específicas de los yacimientos graníticos

Las propiedades que han de estudiarse en los granitos son: morfología, fracturamiento, composición, color, homogeneidad, textura y pruebas de resistencia y abrasión.

La composición, el color, tamaño de grano y textura: son propiedades intrínsecas de la roca que condicionarán en gran medida, su carácter ornamental y por tanto serán factores fundamentales. Los cambios de facies, variaciones de color, presencia de fracturas, definen la homogeneidad del afloramiento y tienen una importancia directa en el diseño y posible apertura de una cantera.

El estudio del fracturamiento, ha de reflejar fundamentalmente, la densidad del diaclasado de los afloramientos, siendo el condicionante principal en el tamaño del bloque a extraer.

El estudio de la alteración se limita a la meteorización observada "In Situ", al alcance y penetración de la misma, cuando es posible de determinar. Una meteorización baja corresponde a una costra alterada menor o igual a 2 cm. Una meteorización media equivale a una costra entre 2 cm. y 20 cm. Una alta meteorización equivale a valores superiores a 20 cm.

Las oxidaciones son uno de los factores más determinantes en el posible aprovechamiento de una cantera. Se ha de procurar detectar su presencia y precisar su distribución dado que por su importancia, pueden hacer que, una zona sea descartada definitivamente aunque los demás criterios dieran buenos valores para la explotación.

3.3 Características de los yacimientos graníticos

Las características que han de tenerse en cuenta son:

3.3.1 Vistosidad o calidad ornamental

Este criterio se basa en las tendencias del mercado en cada momento, si bien siempre tienen buena aceptación las rocas oscuras (dioritas, gabros, etc.) lo que condiciona la calidad ornamental es, evidentemente, el color y el tamaño de grano (Herrero, 1999).

3.3.2 Homogeneidad del yacimiento

Se refiere a los cambios litológicos, variaciones de color, tamaño de grano, presencia y distribución de megacrystales, existencia de, diques, venas, cavidades microlíticas, diferenciación magmáticos. etc.

3.3.3 Medidas de foliación magmáticas y tectónicas

Se trata de determinar la "fabrica" granítica ya que este tipo de estructuras son las que marcan las direcciones de corte del bloque extraído en la cantera. Estas orientaciones, cuando existen, son denominadas por las canteras como "ley" o "hilo" de la "piedra".

3.3.4 Presencia de oxidaciones

Se refiere a la existencia de minerales alterables (pirita, pirrotina, etc.), que puedan dar lugar a manchas en la roca ornamental.

3.3.5 Estudio del fracturamiento

El fracturamiento del yacimiento es uno de los factores condicionantes más importantes de la explotación del mismo, la densidad y espaciado, del diaclasado va a depender de que se pueda extraer o no los bloques de tamaño Comercial.

El primer aspecto que interesa conocer es la distribución espacial del sistema de diaclasado y su relación geométrica. Esto se puede determinar mediante la representación en estereogramas de los distintos datos de dirección y buzamiento de las diaclasas medidas en el campo. La continuidad o desarrollo de las diaclasas, tanto en superficie como en profundidad, nos permite realizar la clasificación de las mismas en relación con las dimensiones y, por lo tanto, determina su grado de incidencia en el tamaño de bloque extraíble.

La elección de estos intervalos viene condicionada por el tamaño de bloque comercial mínimo que se extrae en las grandes canteras de granito, a excepción de las rocas básicas (granitos negros), en los que se extraen bloques considerablemente

menores, lo cual queda justificado por el alto valor que este tipo de rocas adquiere en el mercado (aproximadamente superior 6 veces al granito gris) Según esto, existen tres tipos fundamentales de diaclasas las cuales son: menores, mayores y principales (Tabla 3.1). Los espaciados entre las diaclasas de una misma familia constituyen el principal factor condicionante del tamaño del bloque natural.

Tabla 3.1 Clasificación de las diaclasas según su densidad (Montaño Gregori en Herrero, op. cit).

TIPO DE DIACLASA	DENSIDAD	NUMERO DE DIACLASAS (m.)
Menores	Muy Baja	< 1
	Baja	1 – 3
Mayores	Media	3 – 10
	Alta	10 – 20
Principales	Muy alta	> 20

3.4 Calidad de la roca

El estudio de la calidad de la roca es necesario abordarlo a partir de los análisis en tres factores principales:

3.4.1 Alterabilidad de la roca

Pasa a determinarse a partir del deterioro actual que presenta y la meteorización potencial de la misma. El deterioro actual se calcula basándose en el estudio microscópico de la roca, en la que la alteración mineralógica y física (destrucción de los granos por microfracturas) se evalúa en cinco categorías. No se puede concebir el deterioro actual de la roca sin estudiar las oxidaciones que presenta. La alterabilidad de una roca depende, además del deterioro actual que presenta, de la meteorización potencial. La determinación de la meteorización potencial hace referencia a la

alteración provocada por agentes extremos a las rocas, que da lugar a la movilidad relativa de los elementos químicos primarios presentes en las mismas. Para el control de este factor es necesario realizar análisis químicos.

3.4.2 Las oxidaciones del granito

Constituyen unos de los mayores problemas que afecta a la calidad de la roca, a la vez que condiciona la explotabilidad o no de la misma. La forma de presentar las oxidaciones en los granitos se ha podido constatar que es muy variada, tanto en su génesis, como en su grado de desarrollo. Proceden en su mayor parte de la inestabilidad de sulfuros metálicos primarios en la roca, que en orden de importancia son: pirita, pirrotina y monosulfuro de Fe-Cu.

3.4.3 Calidad mecánica de las rocas

Se procede a diversos ensayos tecnológicos. Dichos ensayos son; estudio petrográficos, absorción, peso específico, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, resistencia a los cambios térmicos y resistencia al impacto. Estos ensayos permiten determinar los usos preferentes a los que pueden ser destinadas las rocas, de acuerdo a los valores mínimos aceptable en las normativas vigentes de la construcción.

3.4.4 Resistencia a la compresión

El valor de resistencia a compresión debe conocerse siempre que la roca tenga que soportar cargas elevadas tanto en su propia utilización como durante el transporte y almacenamiento. En términos generales, las rocas empapadas en agua resisten menos que cuando estas secas, y que las rocas estratificadas resisten mas cuando el

esfuerzo se ejerce en dirección normal a la estratificación que cuando se ejerce paralelamente.

3.4.5 Resistencia a flexión

Éste tipo de ensayos se hace a pizarras de techo y en algunas caso el mármoles y granitos cortados en placas, como por ejemplo en dinteles de huecos y peldaños de escaleras. Particular relevancia en el caso de revestimiento exterior de rascacielos por los empujes a que son sometidas las placas por la acción del viento. Si un elemento constructivo tiene que trabajar a flexión se producirán tracciones en algunas de sus panes. Por consiguiente, si los esfuerzos que ha de soportar una placa son elevados los apoyos están muy separados habrá que dotarla de un canto o espesor grande.

3.4.6 Resistencia al choque

El valor de la resistencia al choque es importante para una roca que vaya a ser empleada en solados, peldaños de escaleras, en encimeras o mostradores, aunque la rotura de las placas se suele producir generalmente en zonas próximas a las aristas o vértices, por problemas de asentamiento que ponen en evidencia un esfuerzo de flexión u otro efecto de rotura, mas que un impacto producido por la calda de objeto.

3.4.7 Resistencia al desgaste

Una roca que sea más resistente al desgaste por abrasión será más apropiada para ser empleada en pavimentos que vayan a estar sometidos a trafico intenso; por el contrario, sus costes de transformación elaboración y pulimento serán mayores.

3.4.8 Resistencia a los cambios térmicos

El resultado que se obtiene del ensayo de resistencia a los cambios térmicos se utiliza para predecir el comportamiento de un material pétreo frente a la acción de los agentes atmosféricos, de ahí su importancia para materiales que vayan a ser utilizados a la intemperie. El ensayo se realiza, sometiendo a la roca a ciclos repetitivo de secado en estufa e inmersión en agua, por lo que la denominación de resistencia a los cambios térmicos tal vez resulte inadecuada y sea mas apropiada llamarla resistencia a los cambios de humedad.

3.5 Características físicas-naturales de los granitos en función de los minerales presentes

El granito contiene abundante cuarzo de 20% a 40%; feldespatos, en especial los alcalinos o plagioclasa sódico. Normalmente los granitos de alto grado silícico, aplitas, pegmatitas y en aquellos granitos alterados por la acción de sustancias volátiles, están presentes los siguientes minerales: las micas de litio, las micas moscovitas, hornblenda verde y la plagioclasa.

En los granitos alcalinos, los minerales típicos van a ser la anortoclasa, anfíboles sádicos piroxenos (egirina-augita y acmita). En algunos granitos y pegmatitas puede haber un poco de olivino rico en hierro. En granitos potásicos los minerales característicos son la hiperstena y la enstatita. (Geominas, 2000).

Se han registrado en los granitos innumerables minerales secundarios accesorios, entre ellos se tienen el circón, esfena, apatito, turmalina, magnetita, epidota, zoisita, clinozoisita, granate, almandino y granate espesartita. (Geominas, 2000).

3.5.1 Granulometría

El grano depende de la velocidad de enfriamiento, mientras mas rápido sea, el grano será muy fino e inversamente. En las rocas ígneas el tamaño de los cristales varia desde dimensiones submicroscópicas hasta los cristales gigantes, que pueden medirse en metros. Como los de cuarzo y feldespatos en algunas pegmatitas, pueden ser conocidos con una lente.

3.5.2 Color

El color cambia, se pone oscuro hacia los gabros con la disminución de la cantidad de cuarzo. La presencia de biotita da un color de gris a negro. Los colores vivos, vienen de los feldespatos con diferentes tintes, rojos o rosados con pigmentos de hematina (óxidos e hidróxidos de hierro), verdes con lentejuelas de clorita en vías de alteración.

La coloración azul se debe a la presencia de oxido de cobre, azul tornasolado por la reflexión de la luz sobre los planos de los cristales de la labradorita. El color mas frecuente en los granitos, es el color gris azulado claro o fuerte según los matices de los constituyentes.

3.5.3 Textura

La textura es un factor importante, la cual toma en cuenta la disposición de los minerales. A nivel del yacimiento, la textura homogénea, con o sin orientación privilegiada de algunos minerales permite seleccionar zonas de interés para la explotación. La mayoría de las rocas ígneas entre ellas los granitos son de textura hipidiomorfica o antimórfica granular, algunos granitos poseen textura porfídica con

grandes fenocristales que en ocasiones se encuentran representados por feldespato alcalino.

En los granitos y granos finos, la textura característica es un incremento uniforme que bien podría ser de cuarzo, feldespatos alcalinos, microclina perthita, microclina y ortoclasa. Sin embargo otros granitos optan por inclinarse hacia la textura orbicular, y mientras que en algunos fenocristales de feldespato alcalino están envueltos por capas de plagioclasa sódica para producir una textura rapakivi.

3.6 Aspectos generales de los granitos

Las rocas graníticas ocupan extensiones en el Precámbrico (50% o más) en la mayoría de los casos, los granitos son intrusivos en rocas supracorticales y por lo tanto no hay evidencias definitivas de campo que soporten la idea de una corteza primitiva granítica. Entre las variedades de rocas graníticas precámbricas deben destacarse las siguientes: Charnockitas, Granitos potásicos, Granitos sodicos o Trondjemitas. (Geominas, 2000).

3.6.1 Granitos charnockíticos

Son rocas graníticas que muestran microclino perthítico (generalmente mesopertita), cuarzo, plagioclasa. Ortopiroxeno y a algunas veces granates. Las rocas asociadas del campo muestran con juntos minerales típicos de las facies granulíticas. De hecho granulitas y charnockitas pertenecen a las facies metamórficas sus conjuntos minerales implican temperaturas mayores a los 700°C. a profundidades mínimas de 15 Km. Para el caso de las granulitas cordiríticas. Las charnockitas platónicas varían de ácidas a intermedias, según el contenido de sílice, siendo las relaciones de K_2O/Na_2 conspicuamente elevadas, variando desde aquella del tipo granito (SiO_2 con 70% o más) a aquel de cuarzo sienitas - piroxénicas (65% -68% de

SiO₂) siendo raras las variedades granodioríticas o cuarzo monzonitas. (Howell William en Rivas Gloria, 2003).

3.6.2 Granitos potásicos

Granitos ricos en potasio (K₂ provenientes de fundidos saturados en agua son favorecidos por relativamente bajas presiones). Estos granitos ricos en general son mucho más abundantes del Proterozoico Medio a fines del Precámbrico.

3.6.3 Granitos sódicos

La mayoría de los granitos del Arqueano a Proterozoico Inferior, que invaden los cinturones de "rocas verdes" esencialmente formados por lavas toleíticas con cuerpos menores de peridotitas y piroxenitas, algunas de ellas de carácter extrusivo (komatitas), se caracterizan por su alto contenido de Na₂O por una relación alta de Na₂O/K₂O, con contenidos relativamente altos de Cr y Ni. Se piensa que tales granitos son el resultado de fusión parcial de una corteza oceánica (basaltos anfibolitizados) y que se emplazaron por efectos boyantes dando lugar a la aparición de "islas siálicas", es decir embriones continentales cuyas modernas analogías se observan en el archipiélago de Fiji y que por agregación se desarrollaron fusión parcial de estos granitos sódicos y de sus extrusivas equivalentes da lugar a los magmas graníticos potásicos que se formaron en el Proterozoico. (Howell William en Rivas Gloria, 2003).

3.6.4 Granulitas piroxénicas

Son rocas metamórficas de alto grado (facies granulita) compuestas principalmente de plagioclasa, hiperstena, dióxido y en algunos casos del granate almandino. Químicamente son equivalentes a las rocas de la familia del gabro y el

basalto. También mineralógicamente las granulitas piroxénicas que no contienen granate, pueden ser idénticas a las noritas, pero a altas temperaturas y presiones inferidas de la facies granulita puede esperarse la convergencia mineralógica de las rocas ígneas y metamórficas. La plagioclasa de este tipo de granulitas generalmente es la andesina o la labradorita, al igual que las anfibolitas, por lo común muestran el maclado de la albita y carecen de las maclas complejas y la forma idiomórfica que son usuales en las plagioclasas ígneas. Ambos tipos de piroxeno se determinan, por análisis químicos, por contener cantidad apreciable de Al_2O_3 . El dióxido de las granulitas no tiene caracteres ópticos distintivos, pero la hiperstena, aunque raramente, muestra un fuerte pleocroísmo (del rosado al verde pálido o al amarillo pálido). Los accesorios comunes son el rutilo y la magnetita. Algunas granulitas de piroxeno contienen hornblenda verde olivo secundaria y ésta no puede, en todos los casos, ser atribuida a un metamorfismo regresivo; es decir, de transición a la facie anfibolita. (Howell William en Rivas Gloria, 2003).

3.6.5 Migmatita

Son aquellas rocas en las que un componente granítico (granito, aplita, pegmatita, granodiorita, u otros semejantes) y una roca metamórfica huesped están íntimamente mezclados a una escala suficientemente grande para que se pueda reconocer megascópicamente la condición mixta de la roca. (Howell William en Rivas Gloria, 2003).

3.6.6 Mirmequita

Es un interdesarrollo de cuarzo y plagioclasa en formas delicadas que se parecen a la micropegmatitas, ocurriendo el cuarzo en forma de burbujas, gotas y formas vermiculares dentro del feldespato. Este desarrollo se origina en los borde de los cristales de ortoclasa y parece deberse al reemplazo de ese mineral por

plagioclasa. Esta reacción comprende la liberación de sílice, que aparece en la forma del cuarzo y de potasa, y entran en la forma de arbusto de biotita frecuentemente encontrado en las profundidades de la mirmequita. (Howell William en Rivas Gloria, 2003).

3.7 Los granitos como rocas ornamentales

El granito es una roca dura, no calcárea de aspecto cristalino y fácil pulimento, se compone de minerales cristalizados formados en las profundidades de la corteza terrestre, la disposición de estos cristales será la característica que señale las diversas familias. (Montaño en Herrero, 1999).

Las rocas ornamentales son aquellas cuya función primordial se basa en su valor estético, la vistosidad del color, los contrastes cromáticos, sin olvidar sus características mecánicas. Las rocas que frecuentan como piedra comercial figuran: el granito, rocas ígneas afines (riolitas, aplitas, sienitas monzonitas, traquitas, etc.). Además la caliza, la pizarra, el mármol y otras.

La clase de granito tiene para constructores particular importancia, dada la gran extensión de sus yacimientos y el gran uso que se hace de sus piedras naturales. Sus características son el bello aspecto, por sus colores vivaces que van desde rojo vivo al verde oscuro, la alta resistencia al aplastamiento, la baja porosidad y la resistencia que ofrecen a los agentes atmosféricos. Son empleados como piedras ornamentales, ya sean como piedras ornamentales, o como piedras de pavimentación. (Montaño en Herrero, 1999).

3.8 Usos del granito

Frecuentemente el granito o las rocas de la familia del granito constituyen un elemento apreciado de construcción. El granito se emplea universalmente en adoquines, aceras, lajas, balasto, etc. El hermoso suplemento que puede adquirir, sobre todo cuando es de textura porfiroide, lo hace un apropiado material de decoración. El granito se emplea como material de construcción en las regiones graníticas, casas de habitación, construcciones públicas y obras de artes. La posibilidad de obtener grandes bloques permite hacer pedestales de estatuas.

La granodiorita, roca de constitución vecina a la del granito pero más pobre en sílice y biotitas, tiene los mismos usos que el granito.

3.9 Cálculo de reservas

Para el cálculo de las reservas se procedió a realizar un levantamiento topográfico usando un geoposicionador satelital, donde se delimitaron los perímetros de afloramiento y se procedió a calcular las mismas por los métodos de isolíneas y las secciones. (Figura 3.1).

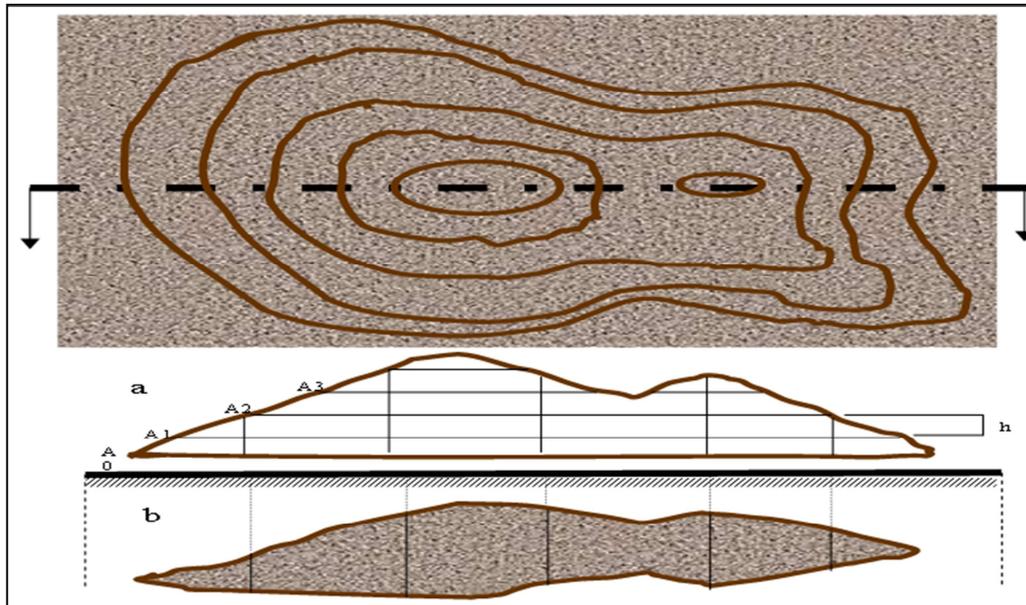


Figura 3.1 Método de las isótopas usado para el cálculo de reservas probadas del área de explotación.

3.10 Métodos y técnicas de explotación del yacimiento granítico

3.10.1 Diseño de la mina

El diseño de la mina se hará por el método tradicional de canteras a cielo abierto (open cut), manteniendo bancas en lo posible simétricos con alturas variables entre 6 y 12 mts. Como la explotación de las rocas graníticas con fines ornamentales dependerá de la demanda y, en su momento, será necesario mantener abierto el frente de explotación en el yacimiento a los fines de ajustarse a los vaivenes del mercado.

3.10.2 Parámetros de explotación

Los parámetros de explotación se observan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Parámetros de explotación.

Parámetros	Valores
Producción anual	10.800 M ³ /año
Días/ años	300
Producción diaria M ³	30 M ³ /día
Altura de bancos variable	6-12 Metros
Ángulo final del talud	60° - 70° Grados
Pendiente de la rampa de acceso	10°
Ancho de la rampa	8Metros
Largo	30 Metros

3.10.3 Planificación de la producción

La producción de la mina ha sido planificada para alcanzar un total de 10.800 M³ por año, en un periodo inicial de 5 años. Durante el primer año, la producción estaría en el orden de 3.500 M³, mientras que el segundo año la producción sería del orden 6.500 M³ y a partir del tercer año se consolida en 10.800 M³ por año.

3.10.4 Sistema de explotación

La primera fase de la explotación consiste en preparar el terreno y los patios de almacenamiento de manipulación y preparación de los bloques de roca. En ese sentido se ha planificado un patio principal ubicado en las siguientes coordenadas. (Tabla 3.2).

Tabla 3.2 El patio de almacenamiento se ubica entre las coordenadas.

PUNTO	ESTE	NORTE
1	353238,2706	836586,751
2	353238,2706	836712,3728
3	353475,5645	836586,751
4	353475,5645	836712,3728

3.10.5 Métodos de extracción (tecnología)

La explotación de rocas con fines ornamentales, requieren que las mismas sean presentadas en bloques rectangulares de tamaño apropiado, de acuerdo con las dimensiones de los equipos con los cuales van a ser procesados (Equipos de corte y pulido).

Los métodos de extracción a utilizar en la exploración y posterior explotación son:

- a. Voladura con dinamita.
- b. Voladura con pólvora.
- c. Corte con cuñas hidráulicas.
- d. Corte con hilos de diamante.
- e. Corte con soplete.

A continuación se describe brevemente, cada uno de los métodos citados.

3.10.5.1 Voladura con dinamita: con este método es necesario hacer una serie de perforaciones, las cuales son cargadas con tacos de dinamita, para luego efectuar la voladura que permitirá la separación de los bloques.

Esta metodología requiere de un ajuste bien definido, tanto de la distancia entre perforaciones, como de la distribución de la carga para lograr controlar la voladura y optimizar el corte de la roca causando el menor daño posible.

3.10.5.2 Voladura con pólvora: es una variante de lo anterior, solo se utiliza pólvora en sustitución de la dinamita. La pólvora para uso minero tiene la siguiente composición: 75% de Nitrato Potásico, 10% Azufre, 15% Carbón, se presenta granulada y grafitada, con tamaño de grano que oscila entre 0.1 y 4 mm. La velocidad de combustión depende de la densidad de la pólvora y condiciones de confinamiento, siendo siempre inferior a 2000 m/s, por lo que se considera un explosivo deflagrante.

3.10.5.3 Corte con cuña hidráulica: al igual que los métodos anteriores, se hacen perforaciones en las cuales se colocan cuñas que son accionadas hidráulicamente, generando la separación de los bloques.

3.10.5.4 Corte con hilos de diamante: para aplicar esta técnica es necesario hacer dos perforaciones perpendiculares, que se comunican, en la parte interna del Bloque. A través de las perforaciones, se inserta el hilo diamantado dentro del canal realizado por las perforaciones y se cierra en forma de anillo alrededor del volante matriz y se hace circular el hilo de diamante. Durante el corte, el hilo se mantiene constantemente en tensión sobre la superficie rocosa gracias al paulatino retroceso, del volante puesto sobre un riel.

Durante el corte con hilo diamantado el bloque tiene que ser constantemente rociado con agua para evitar el sobrecalentamiento provocado por la fricción y al mismo tiempo para la evacuación del lodo residual del proceso abrasivo.

3.10.5.5 Corte con soplete: consiste en aplicar unos chorros de fuego a presión para realizar el corte de la roca; generalmente este método se emplea para crear una cara libre, y luego aplicar algunas de las técnicas antes descritas. Este método no se aplica en el yacimiento en estudio por cuanto la roca en cuestión es de origen metamórfico la cual necesitaría de una temperatura mayor a la generada por el soplete para el corte de la misma.

3.10.5.6 Equipos a utilizar en las operaciones de explotación

1. Compresor Atlas Copeo portátil de 22.500 Its/min.
2. Perforadoras múltiples (6 huecos).
3. Cargador frontal Caterpillar mod. 988.

3.10.5.7 Equipos de corte con hilo diamantado

1. Corta bloque montado sobre retroexcavadora. Cat. mod. 215.
2. Centralillas de desbancado.
3. Planta eléctrica de 110 Kw.
4. Retroexcavadora Cat. Mod. 245.

3.10.6 Etapas en la secuencia de extracción

La secuencia de extracción típica comprende básicamente tres etapas.

3.10.6.1 Perforación primaria: perforación primaria corresponde a la primera etapa para independizar un gran bloque de roca, cuyo volumen puede llegar a ser hasta 5.000 M³.

3.10.6.2 Liberación de bloques primarios

✚ Perforar un Barreno principal en dirección vertical con un diámetro aproximadamente de 90 mm suficiente para permitir el desplazamiento de los hilos diamantados.

✚ Perforar otro barreno de 90 mm de diámetro pero en dirección horizontal y paralelo a la cara B (Figura 3.2) del bloque que se quiere liberar.

✚ Cortar la cara B del bloque con hilo diamantado.

✚ Cortar la cara A del bloque con hilo diamantado.

✚ Para liberar la cara C del bloque primario se procede, bien con el hilo diamantado ó con perforaciones secundarias, de 38 mm separadas cada 30 cm y cargados con pólvora negra con el único objeto de despegar dicho bloque sin producir fisuras en el mismo.

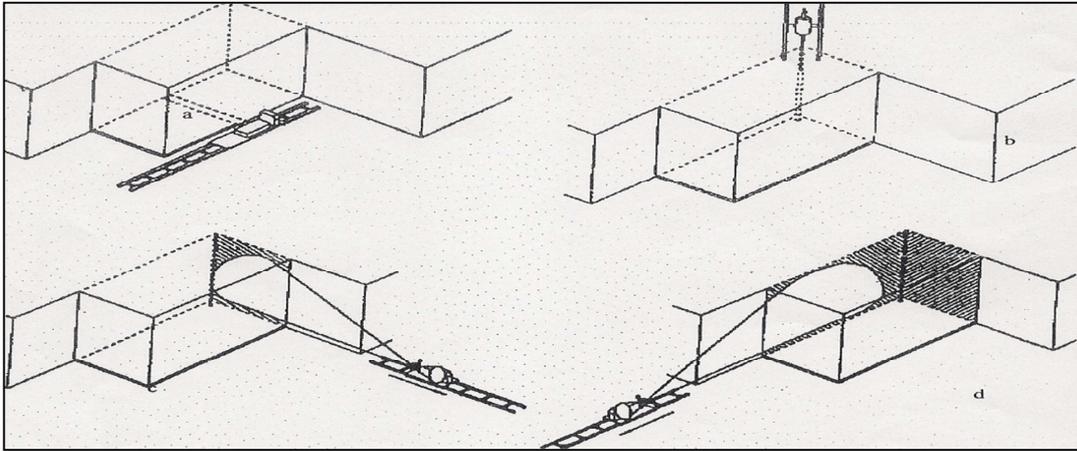


Figura 3.2 Pasos a seguir para el arranque, utilizando un equipo de hilo diamantado. Graffe Robert, (2000).

3.10.6.3 Corte de los bloques secundarios: para liberar los bloques secundarios se procede utilizando la técnica del hilo diamantado, produciendo bloques con dimensiones oscilantes entre 6 y 8 metros (altura banco), 6-8 mts en dirección transversal a la dirección de avance del frente y 3-4 mts en sentido de la dirección de avance. (Figuras 3.3 y 3.4).

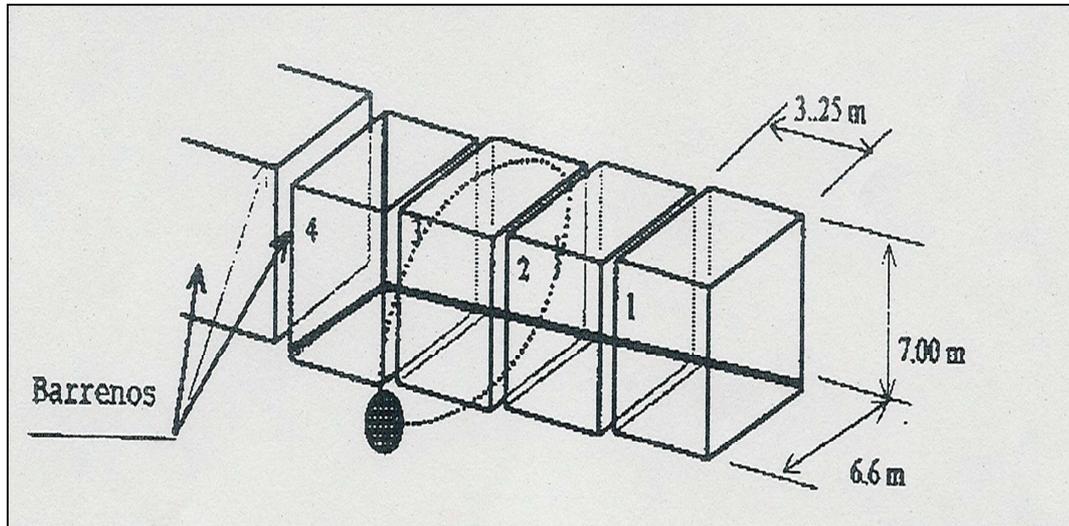


Figura 3.3 Corte y escuadre de bloques secundarios en la plataforma de los frentes. Graffe Robert, (2000).

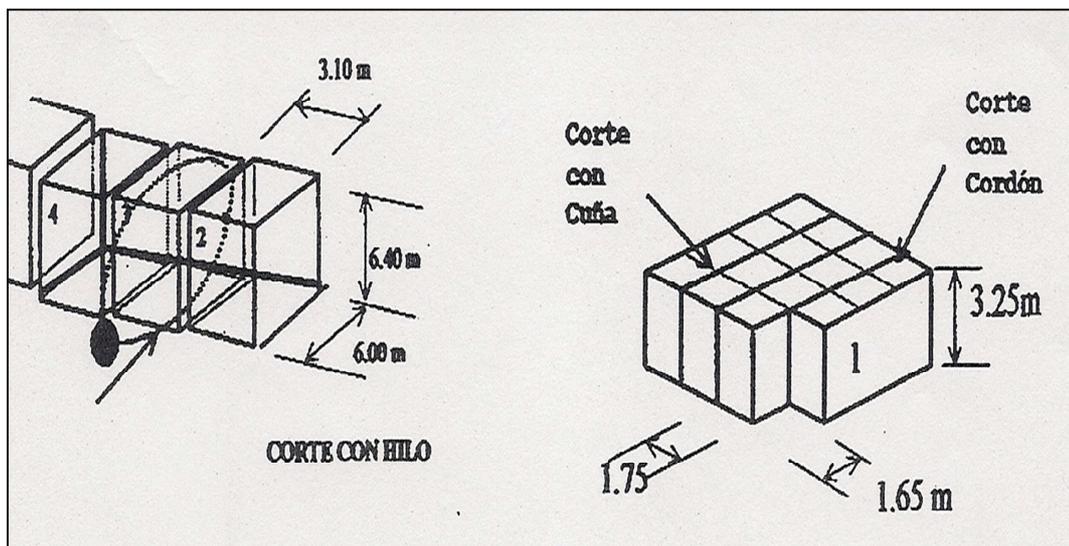


Figura 3.4 Escuadrado de bloques. Graffe Robert, (2000).

3.10.6.4 Vuelco del bloque secundario y producción de bloques terciarios: el volcamiento de los bloques secundarios se realiza sobre la plataforma, previamente preparada con arena para amortizar la caída del mismo, empujados con una pala mecánica con braza de empuje. Una vez volteado el bloque se procede a producir bloques terciarios con las dimensiones aptas para el comercio (9-12 M³); La técnica de perforación con martillos perforadores con diámetros de 30 mm es la mas adecuada para esta actividad de extracción, y posteriormente se procede a la voladura de los mismos utilizando pólvora negra como explosivo.

3.10.6.5 Preparación y desarrollo: la preparación y desarrollo del yacimiento, será preparado en un solo banco aproximadamente en la cota 350mts a partir del lado Sur-Este del yacimiento, y tomando como referencia el punto de coordenadas de inicio E: 353.818 y N: 836.931.

3.10.7 Manejo de material estéril

El material estéril del yacimiento, procede principalmente de la manipulación de los bloques y la limpieza de los frentes y estaría conformado principalmente por bloques de pequeñas dimensiones y rocas rodadas. El material estéril producto del quebramiento durante la extracción del material será recogido y enviado a maquinas adecuadas para someterlos a procesos de piedra picada, que servirá para la industria de la construcción.

La estimación de volumen del estéril es del orden del 10% de la producción planificada por año, el material seria acumulado en sitios adecuados para luego procesarlo y utilizarlo en diseño adecuado de la cantera y vías de acceso a la misma.

3.10.8 Necesidades de perforación y explosivos en general

Para el comienzo ó despegue de bloques primarios y para la producción de bloques comerciales se requieren:

1. 3000 Kg. de pólvora negra.
 - a. metros de mecha corriente.
2. 11000 Kg. de anful.
3. 25000 m de cordón detonante.
4. 800 fulminantes corrientes.
5. 100 fulminantes eléctricos.

3.10.9 Otros insumos

1. 500.000 litros de gasoil.
2. 30.000 litros de aceite motor.
3. 2000 kilogramos de grasa.
4. 3000 litros por hora de agua.

3.10.9.1 Tipos de ensayos aplicados a las muestras: una vez extraído el bloque, se toma una muestra representativa, la cual será sometida a pruebas de compresión y análisis para el cálculo del porcentaje de desgaste por abrasión.

3.11 Medidas de seguridad

3.11.1 Operación de equipos mecanizados

1. El personal debe tener la formación adecuada a la actividad a desarrollar, conociendo el manual de operaciones de los equipos y el plan de trabajo.
2. Deberá conocer el sitio de trabajo, sus potenciales limitaciones, así como las vías de acceso al mismo, respetando la señalización existente.
3. Utilizar vestimenta adecuada, así como hallarse en óptimas condiciones físicas y mentales para llevar a cabo las labores encomendadas.
4. No almacenar productos inflamables ó explosivos con los equipos.
5. Comprobar la ausencia de personas ajenas a la operación de la cantera.
6. Al finalizar las operaciones, el equipo se aparcara en un lugar seguro y sus mandos deberán estar bloqueados.

3.11.2 Mantenimiento y servicios de los equipos

1. Personal encargado de las labores de mantenimiento de los equipos, será asignado por el responsable de la empresa y deberá seguir las instrucciones de

servicio especificadas por el fabricante.

2. El área de mantenimiento deberá estar limpia y seca.
3. El trabajo deberá ser coordinado por una persona que actuara como jefe.
4. Las válvulas de seguridad deberán estar en condiciones de perfecto funcionamiento, verificándose su estado por lo menos una vez cada semana, evitándose su reparación, sustituyendo las mismas por unas nuevas.
5. No abrir ningún depósito ó manguera de aire ó aceite durante el funcionamiento del Equipo, o si están presurizadas. Nunca sobrepasar la presión recomendada por los fabricantes.
6. Los implementos de los equipos se apoyaran en el suelo; cuando sea necesario mantenerlos elevados, se calzaran rígidamente sobre apoyos de madera.

3.11.3 Perforación de barrenos

1. Los accesorios de perforación, especialmente barras y tubos, deberán estar perfectamente inmovilizados sobre el equipo o vehículo auxiliar. Los sistemas de sujeción han de ser inspeccionados con frecuencia.
2. Antes de cualquier maniobra, comprobar la ausencia de personas y obstáculos próximos a la máquina. La perforadora debe mantenerse a 10 m de cualquier línea eléctrica.
3. El mástil deberá mantenerse en posición horizontal durante los desplazamientos del equipo.

4. Durante el traslado, el operador ocupara el lugar de conducción designado por el fabricante, no permitiéndose la presencia de personas no autorizadas sobre la perforadora.

5. En cualquier maniobra potencialmente insegura utilizar un ayudante como contacto visual.

6. Los operadores se mantendrán en todo momento alejados de los componentes en movimiento de la perforadora. Durante las operaciones de mantenimiento y reparaciones, la perforadora estará perfectamente frenada e inmovilizada.

3.11.4 Uso de explosivos

1. Comprobación Correcta de los detonadores.
2. Evitar operaciones de iniciación eléctrica con posibilidades de tormenta en el ambiente.
3. Mantener la presencia de los efectivos de la Guardia Nacional, cuando se utilice cordón detonante y fulminantes.
4. En el caso de detonación de explosivos, sujetarse a lo establecido en la norma Covenin 2272-85.

3.11.5 Arranque y corte mecanizado

1. Limpiar los escombros u otros materiales, las superficies donde se van a colocar los equipos o donde se va a efectuar el corte.

2. Emplazar las maquinas sobre una superficie lo más regular posible, nivelando adecuadamente los carriles sobre los que se van a desplazar.

3. Verificar previamente el estado del banco, la correcta colocación de las poleas y su buen funcionamiento.

4. Mantener el panel de control a cierta distancia de la maquina y siempre a un lado de la misma.

5. Comprobar que el equipo dispone de los dispositivos de protección para el control del hilo en caso de rotura.

6. Verificar que la unión de los extremos del hilo es correcta, antes de someterla a tensión.

7. Asegurarse que ninguna persona entre en el área del corte a ambos lados del lazo que forma el hilo.

8. Contar con una sirena en el panel de control para avisar de la puesta en marcha del equipo ó peligro en caso de necesidad.

3.11.6 Vuelco y manipulación de los bloques

1. Avisar previamente de la operación, asegurándose de no haber dejado alguna herramienta en el lecho de caída.

2. Tomar las precauciones para que los componentes del empuje no caigan al pie del banco.

3. Mantener alejadas a las personas del lecho de caída, a distancia suficiente para evitar algún impacto por algún fragmento que pudiera proyectarse como efecto de la caída.

3.12 Impacto ambiental

3.12.1 Impacto ambiental

Todo proceso de extracción y procesamiento de minerales, así como la actividad orientada a la preparación y desarrollo de las áreas que abarca un depósito mineral, ocasiona una sensible degradación del ambiente.

Los efectos ocasionados durante el desarrollo de la actividad minera, sobre los componentes del ambiente natural y social, se han estudiado con mucha importancia, donde, en la Tabla 3.3 se describen los correspondientes impactos ambientales y se determinan las medidas preventivas mitigantes, correctivas a los fines de cumplir las normas y disposiciones ambientales vigentes que conforme a la misma se deben establecer para este proyecto.

3.12.2 Medidas para mitigar los impactos ambientales

A continuación se presentan las medidas para prevenir los impactos ambientales. (Tablas 3.4 y 3.5).

Tabla 3.3 Relación e impacto ambiental en los sitios donde podría llevarse a cabo la etapa de exploración de rocas graníticas existentes.

FASE	ACTIVIDAD	ACCIONES	GENERACIÓN DE	IMPACTO
Preliminar	- Levantamiento topográfico -Estudio Geológico	-Deforestación -Apilado de Material vegetal Establecimiento de frentes coordenadas UTM - Toma de Muestra	-Material Vegeta -Riesgo sobre la salud y la integridad de los trabajadores. -Material Vegetal.	-Afectación a la vegetación y la fauna. -Afectación a la salud y riesgo de los trabajadores -Afectación a la vegetación, fauna y suelos
Exploración I	-Evaluación de reservas. -Identificar el prospecto	-Apertura del frente de trabajo. -Perforación -Extracción	-Desechos Sólidos -Ruidos -Emisiones a la atmosfera. -Afluentes Líquidos	-Afectación a la escorrentía -Afectación de los suelos. -Aumento de riesgo de erosión -Afectación a la salud de los trabajadores.
	-Levantamiento	-Deforestación		

Exploración II	topográfico -Estudio geológico detallado -Perforaciones	, -Toma muestras -Perforaciones -Extracción del granito	-Material Vegetal -Desechos sólidos -Emisiones de gases -Afluentes líquidos y emisión de gases a la atmósfera.	-Afectación de la vegetación, fauna y suelos. -Afectación de la escorrentía -Aumenta el riesgo de erosión -Afectación a la salud de los trabajadores.
-------------------	---	--	--	--

Tabla 3.4 Medidas para prevenir, mitigar o corregir los impactos ambientales físico-químico.

EFECTOS	MEDIDAS
<p>1. Suelos</p> <p>1.1 Eliminación de las capas superficiales</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Afectar únicamente la vegetación necesaria -Deforestar con técnicas modernas y adecuadas, relleno y conformación de las mismas. -Repoblación con especies. Autóctonas, arbóreas y Gramíneas.
<p>1.2 Relleno y conformación las depresiones resultantes</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Realizar excavaciones profundas. -Rellenar las Depresiones resultantes con material estéril y materia granular los horizontes más profundos. -Rellenar con capas Orgánicas los horizontes superficiales.
<p>1.3 Riesgo del proceso de erosión</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Nivelación del terreno. -Compactación natural del terreno. -Siembra de especies Autóctonas, Arbóreas y Gramíneas. -Evitar suelos descubiertos o desnudos. -Reforestación con especies adecuadas. -Minimizar los escurrimientos. -Relleno bien conformado.

Tabla 3.5 Medidas para prevenir, mitigar o corregir los impactos ambientales físico-químico.

EFECTOS	MEDIDAS
<p>2. Curso de agua 2.1 Calidad de agua</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar descarga de agua servida. - Evitar descarga de líquidos y/o residuos contaminados. - Construir pozos sépticos para verter dichos elementos. - Recoger los residuos de lubricantes, aceite y/o grasas, envasarlo en tambores para su posterior uso o recicle. - Evitar suelos desnudos. - Reforestar las áreas afectadas. - Respetar las zonas protectoras Art.17 L.F.S.A.
<p>2.2 Aumento de carga de sedimentos en el caudal y en lachos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar suelos desnudos o descubiertos. - Minimizar cambios topográficos, cortes y movimientos de tierra <ul style="list-style-type: none"> - Reforestar las áreas intervenidas. - Evitar por los largos tiempo la acumulación de estériles, cobertura vegetal u otros desechos. - Respetar las zonas protectoras Art. 17 L.F.S.A.

2.3 Contaminación de aguas superficiales y subterráneas	<ul style="list-style-type: none">- Evitar descargas de aguas servidas, líquidos y/o residuos contaminados.- Evitar derrames de lubricantes, grasas y aceites.- Respetar las zonas protectoras Art.17 L.F.S.A.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Nivel y diseño de la investigación

De acuerdo al problema planteado, referido a la evaluación, desde el punto de vista geológico, para fines ornamentales, el yacimiento granítico, vía Maripa. Municipio Sucre, estado Bolívar, y en función de sus objetivos, el tipo de investigación se enmarcó dentro de los siguientes aspectos: documental, de campo y experimental.

De tal manera que este estudio permitió conocer la litología aflorante, calcular sus reservas, y las estructuras petrográficas presentes.

A fin de lograr los objetivos, se realizó la recopilación de información, la interpretación y la verificación de campo.

A continuación se indica en forma secuencial la metodología que fue utilizada en el presente proyecto de investigación. (Figura 4.1).

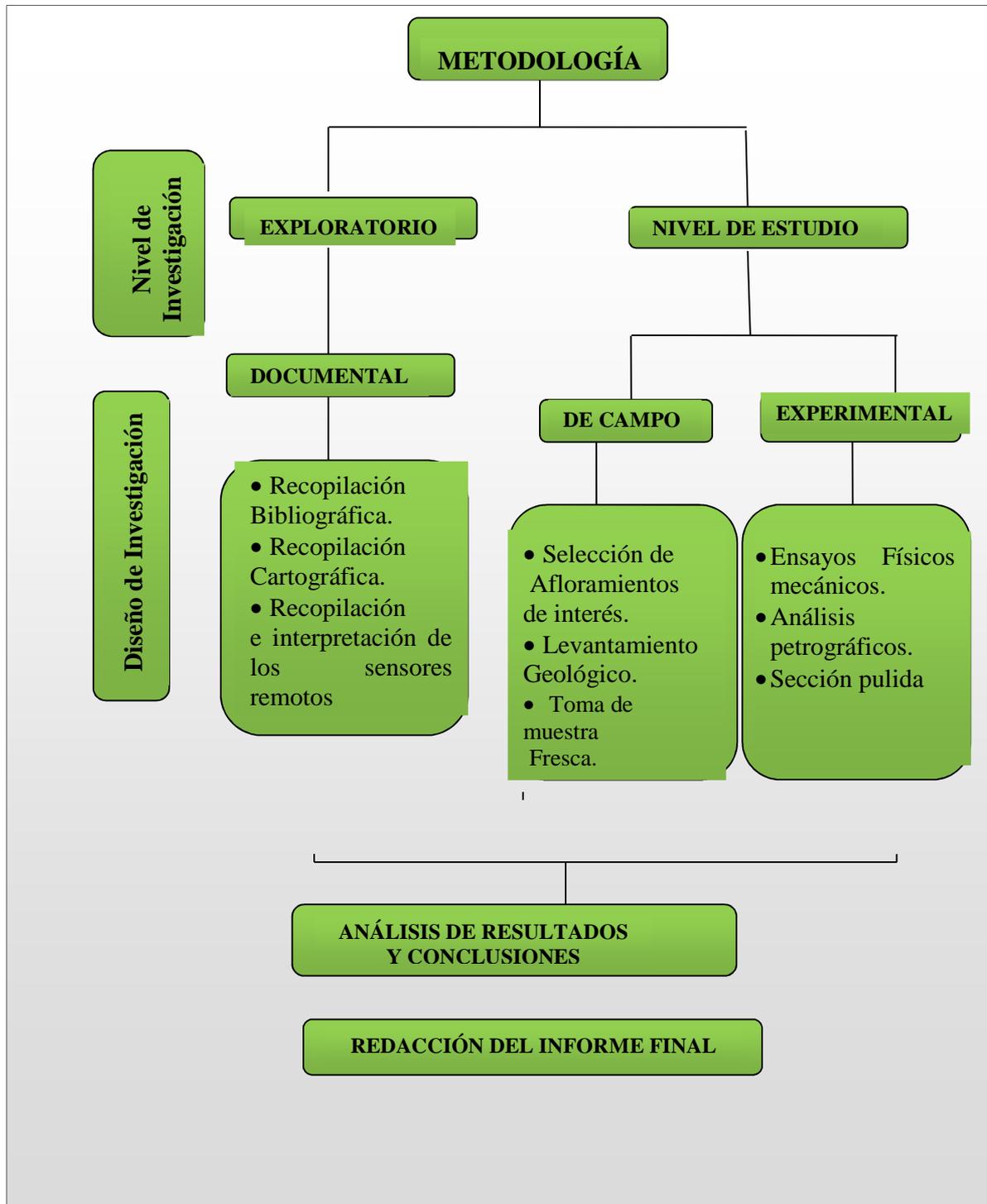


Figura 4.1 Flujograma de la metodología de trabajo

4.2 Investigación documental

La recopilación bibliográfica constituye el punto de partida de este trabajo de investigación. Se consultaron trabajos previos orientados al conocimiento de la geología regional, local y otras generalidades concernientes al área de estudio y de la industria de las rocas ornamentales, seguida de la búsqueda de investigaciones efectuadas en la misma área de estudio con fin ornamental o no, con el propósito de conocer los principales rasgos geológicos y estructurales de la zona y posteriormente seleccionar la información de interés.

Además, el empleo de las herramientas como: imágenes de radar y fotografías, que son de vital importancia en cualquier estudio geológico, así como mapas topográficos y geológicos, ya que se espera conocer las características morfológicas de los afloramientos con miras a determinar sus dimensiones espaciales y sus características geotectónicas.

4.3 Investigación de campo

Basada en salidas a campo para la obtención de información preliminar sobre las características macroscópicas de los afloramientos, efectuar levantamientos geológicos del área de estudio, seleccionar afloramientos de interés y la toma de muestras frescas puntuales representativas de la roca de la cual se obtuvo. Todo este trabajo, fue debidamente marcado y organizado para desarrollar trabajos posteriores en laboratorio.

Para afirmar que un afloramiento granítico es de interés para un estudio ornamental, se debe tomar en cuenta el área y el volumen ocupado por el mismo, las características físico- naturales y las estructuras geológicas presentes. Para conocer

estas características, se practican levantamientos geológicos que permiten la toma de información por observación directa.

El muestreo se realizó en la parte baja, media y en la cima del cerro, empleando para ello una mandarina de 5 kg, con el objetivo de extraer muestras frescas para su posterior análisis. De esa manera se tomaron varias muestras y solo se tomó como representativas, tres muestras, las muestras etiquetadas con el nombre de EST-1, EST-2 y EST-3; por ser las que estaban menos fracturadas, posteriormente se etiquetaron y enumeraron.

4.4 Investigación experimental o de laboratorio

El trabajo en el laboratorio se dividió en 3 fases, según el análisis y el tipo de ensayo requerido. La primera consistió en la preparación de la muestra para los análisis macroscópicos y microscópicos o petrográficos, para conocer la composición mineralógica, textura y grado de alteración de las rocas. Estos análisis petrográficos fueron realizados en el Instituto Nacional de Geología y Minería. (INGEOMIN, 1989).

La segunda fase permitió la elaboración de una sección pulida para evaluar la estética de las muestras. La muestra pulida fue realizada en la Marmolería El Terminal en Ciudad Bolívar, debido a que la Universidad de Oriente (UDO) no poseía los insumos necesarios para realizarlas. En la tercera y última fase se realizaron los ensayos físicos – mecánicos, para evaluar la calidad física de las rocas. Estos ensayos se realizaron en el laboratorio de suelos de la Escuela de Ciencias de la Tierra.

4.5 Análisis petrográfico

El primer paso para realizar el análisis petrográfico es la preparación de la muestra, para ello se cortó una sección de la roca de 3 mm de espesor, dicho corte se realizó en la porción de la roca que presentaba minerales oscuros, luego se fijó al portaobjetos con bálsamo de Canadá, posteriormente se llevó a la devastadora y se le aplicó un abrasivo de 240, hasta llevarlas a un espesor de 0.03 mm (espesor en el cual pueden observarse los minerales presentes en la roca). Las muestras fueron identificadas con lápiz de grafito con su respectiva nomenclatura.

Una vez preparada la muestra se procede a realizar el análisis petrográfico de la siguiente manera:

1. Se describe macroscópicamente la muestra de mano, señalando en primer lugar las características más resaltantes y luego las menos notorias, entre las que se pueden señalar: color homogeneidad, granulometría, orientación, densidad y fracturas.

2. Se colocó la sección delgada de la roca en el microscopio y se observó con el objetivo de menor aumento y nicoles paralelos, con el objetivo de observar los colores de los minerales y detallar los minerales transparentes, opacos y coloreados, además características como el pleocroísmo, relieve, clivaje, forma, tamaño de los cristales, inclusiones, zonación, fracturas, alteración y el índice de refracción.

3. Se continuó observando la sección delgada en el microscopio con el mismo objetivo pero con nicoles cruzados, para observar otras características ópticas de los minerales y complementar datos sobre las ya observada, como: anisotropía, birrefringencia, maclado, extinción, signo óptico, recristalización, tamaño de los cristales, estructura, zonación, clivaje, relieve y forma.

4. Una vez conocidas las características de los diferentes minerales, que forman la roca, estos se identificaron con ayuda de bibliografía.

5. Después de haber identificado todos los minerales se le asigna un porcentaje aproximado y con estos valores y la textura de la roca se procedió a clasificar, usando las diversas tablas de clasificación de roca.

4.5.1 Sección pulida

Además de la sección petrográfica, se hizo una sección pulida con el propósito de obtener formas geométricas, la cual fue pulida para mejorar la estética de la roca, e identificación del color y los minerales presentes, no se estudio a través de esta muestra procesada los minerales opacos.

4.6 Ensayos físico – mecánicos

4.6.1 Peso específico aparente

El procedimiento para obtener el peso específico aparente de una roca es el siguiente:

1. Las muestras de roca fresca son cortadas en forma cúbica dentro de un rango de medidas (5x5x5) o (7x7x7) cm³, según la norma UNE 22-174.

2. Se determina el volumen del cubo a partir de la medición de cada uno de los lados que lo componen y el cálculo, según la ecuación 4.1.

$$V= A*e \quad (4.1)$$

Donde:

V = Volumen del cubo (cm³).

A = área (cm²).

e = espesor (cm).

3. A partir del volumen y el peso del cubo, se calcula la densidad de la roca. (Ecuación 4.2).

$$D = \frac{m}{v} \quad (4.2)$$

Donde:

D = densidad (g/cm³).

m = masa (g).

v = volumen (cm³).

4.6.2 Coeficiente de absorción de agua

Para la obtención del porcentaje de absorción de agua de una roca, se aplicaron los siguientes pasos:

Una muestra de mano, fresca y representativa: se somete a un proceso de secado durante 24 horas en un horno a temperatura constante de 140°C.

1. Al enfriarse la muestra, se procede a pesarla en una balanza (W_{seco}).
2. Esta muestra se sumerge en agua durante 48 horas.

3. Por último, se pesa la muestra con el agua absorbida (W_h) y se calcula el porcentaje de absorción de agua mediante la siguiente ecuación, según la norma UNE 22-174. (Ecuación 4.3).

$$\% A = \frac{(W_{iagua})}{(W_{sec o})} \times 100\% \quad (4.3)$$

Donde:

$\% A$ = % absorción.

W_{iagua} = peso del agua absorbida = $W_h - W_{seco}$ (g).

W_{seco} = peso de la muestra seca (g).

4.6.3 Resistencia al desgaste o ensayo de abrasión los ángeles

Para realizar este ensayo se procedió de la siguiente manera:

1. Se toma la muestra representativa, se lava y tritura a diferentes diámetros dependiendo de la granulometría.
2. Se utilizan tamices de diferentes diámetros ($1\frac{1}{2}$ " – 1", 1" - - $\frac{3}{4}$ ", $\frac{3}{4}$ - $\frac{1}{2}$ " y de $\frac{1}{2}$ " - $\frac{3}{8}$), se pasa la muestra por los diferentes tamices, reteniendo en cada uno de ellos 1.250 gramos aproximadamente.
3. Siendo la muestra de aproximadamente 5 kilogramos, se le aplica una carga abrasiva de 10 esferas de acero, de aproximadamente 4,7 cm de diámetro y cada una de ellas, con un peso entre 390 y 445 g, se coloca en la máquina los ángeles, haciendo girar el cilindro a una velocidad comprendida de 30 a 33 RPM, hasta que la máquina diera 500 vueltas.

4. Luego, se descarga el material del cilindro y se procede a pesar la fracción del material que quedó retenida por el tamiz nº 12 (malla de 1,68 mm).

5. La diferencia entre el peso inicial y el peso final se expresa en porcentaje y se determina el porcentaje de desgaste, según la norma UNE-22-173 por medio de la (Ecuación 4.4).

$$\varphi = \frac{(W_i - W_f)}{(W_i)} \times 100(\%) \quad (4.4)$$

Donde:

W_i = peso inicial (g).

W_f = peso final (g).

φ = Coeficiente de desgaste (%).

4.6.4 Resistencia a la flexión

El procedimiento para obtener el coeficiente de resistencia a la flexión de una roca, es el siguiente:

1. Se procede a cortar las muestras en forma de paralelepípedo, con características definidas de peso y dimensiones (12x4x2) cm, aproximadamente.

2. Se miden las dimensiones de la muestra (altura, longitud, ancho).

3. La muestra es colocada sobre dos rodillos y se carga progresivamente hasta su mitad, aplicándole la fuerza necesaria hasta romperla. Se toma la lectura del deformímetro de carga expresada en $lb/10^{-4}$, que expresa la fuerza aplicada sobre la muestra y se multiplica por una constante $K = 2.2/10^{-4}$ para obtener el valor expresado en kg.

4. Obtenidos estos valores se procede a determinar la resistencia a la flexión, de acuerdo a la norma UNE-EN 12372 por medio de la (Ecuación 4.5).

$$MOR = \frac{3FL}{2bd^2} \quad (4.5)$$

Donde:

F = fuerza (kg).

L = longitud (cm).

b = base (cm).

d = ancho (cm).

4.6.5 Resistencia a la compresión simple

Para aplicar el ensayo de resistencia a la compresión a una muestra de roca, se procede de la siguiente manera:

1. Se corta la roca en forma cúbica con las dimensiones de (5 x 5 x 5) cm aproximadamente o (7x7x7) cm como se utilizó en este trabajo.
2. Se toman las dimensiones de la muestra para obtener el valor del área (cm²).
3. Se coloca la muestra de roca cúbica en una prensa hidráulica, según la norma UNE-22-175, y se le aplica una fuerza hasta lograr que estos cubos se fracturen.
4. Se toma la lectura dada por la prensa, que no es más que el peso soportado por la muestra, expresado en libras.
5. Los valores de la resistencia a la compresión se calculan mediante la (Ecuación 4.6).

(4.6)

$$C = \frac{E}{A}$$

Donde:

C = compresión (kg/cm²).

E = esfuerzo (kg).

A = área (cm²).

4.7 Elaboración del mapa geológico

El mapa geológico de la zona se realizó con la información obtenida en campo, la ayuda de la hoja cartográfica 7338 correspondiente a PERAMANAL y su hoja con los datos geológicos-estructurales y con información macroscópica obtenida de las muestras tomadas en campo. Seguidamente, y con la ayuda del Software AUTOCAD 2007, se realizó el mapa geológico. (Anexos 1 y 2).

4.8 Comparación con las normas UNE

En la tabla 4.1 se observa la comparación con los parámetros tecnológicos.

Tabla 4.1 Comparación con los parámetros tecnológicos. (Según Deere y Miller, 1968).

ENSAYO	NORMAS UNE	RESULTADOS DEL ENSAYO	OBSERVACIONES
Coeficiente de Absorción de Agua	Muy baja	0,791	A prueba normal
Resistencia a la Compresión Simple	Media	672,64 kg/cm ²	A prueba normal
Resistencia al Desgaste	Media	38,023 %	A prueba normal
Resistencia a la Flexión	Media	382,30 kg/cm ²	A prueba normal
Peso Específico aparente	Muy baja	2,53	A prueba normal

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Codificación y ubicación de las muestras

Del yacimiento granítico, se tomaron 10 muestras, que por sus dimensiones y accesos se consideran susceptibles a una explotación. Dichas muestras se codificaron por estación (EST.).

En la Tabla 5.1, además de identificar o codificar las muestras, se muestra su ubicación mediante las coordenadas de cada punto, tomadas con GPS. (Anexo 1).

Tabla 5.1 Ubicación de las muestras, tomadas con GPS.

PUNTO	CÓDIGO	COORDENADAS	
		ESTE	NORTE
1	EST-1	353848.000	836778.000
2	EST-2	353848.000	836808.000
3	EST-3	353818.000	836931.000
4	EST-4	353910.391	836900.745
5	EST-5	353879.833	836931.555
6	EST-6	353818.577	836977.910
7	EST-7	353788.019	836977.910
8	EST-8	353726.736	836993.455
9	EST-9	353696.112	836993.548
10	EST-10	353475.564	836712.375

5.2 Resultado de los análisis petrográficos

De las 10 muestras recolectadas en campo, se escogió solo una (1) muestra, la más representativa del área de estudio para análisis petrográfico. Esto de acuerdo con la belleza y calidad observada macroscópicamente en la muestra fresca.

Los análisis petrográficos fueron realizados en el Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN, 1989), dichos resultados se muestran a continuación.

5.2.1 Descripción macroscópica de la muestra de mano

En la muestra de mano es una roca dura, homogénea, alterada, de grano variable, de color rosado claro con tonos grises y negros por la presencia de minerales máficos y algunos tonos pardos amarillentos por la oxidación parcial producto de la alteración y se observa una aureola de color parduzco en el centro de la roca.

5.2.2 Descripción microscópica de la sección delgada

5.2.2.1 Textura: aliotromorfica inequigranular cataclástica, definida por la presencia de minerales de forma anhedral principalmente, de diferentes tamaños y afectada por la intensa disgregación mecánica produciendo rotura, deformación y trituración de los granos mas gruesos dando resultado agregados minerales de tamaño muy fino que bordean a los cristales.

5.2.2.2 Cristalinidad: holocristalina.

5.2.2.3 Estructura: masiva.

5.2.3 Minerales en orden de abundancia decreciente

Los minerales principales encontrados en las muestras. (Tabla 5.2).

Tabla 5.2 Minerales principales, accesorios y de alteración (%).

MINERALES PRINCIPALES	(%)	MINERALES ACCESORIOS	(%)	MINERALES DE ALTERACIÓN
Feldespatopotásico	38	Minerales opacos		Sericita
Cuarzo	29	Mica muscovita		
Plagioclasas sódica	22	Apatito		
Biotita	10	Circón		
		Esfena		

5.2.4 Clasificación o tipo de roca

5.2.4.1 Granito cataclástico

✚ Origen: roca Ígnea (Plutónica).

✚ Descripción composicional:

Feldespatopotásico: tipo microclino y perthita, de tamaño muy grueso, formando fenocristales y fino, fracturado, a veces con entrecrecimiento mirmequitico y grafico en los bordes, algunos se observan poquiliticos y bordeado por agregados minerales de tamaño muy fino producto de la cataclasis.

Cuarzo: anhedral, de tamaño variable mayormente medio y fino, algunos fracturados, ligeramente recristalizados, formando paquetes de mosaicos equigranulares entre los fenocristales de feldespato y plagioclasas.

Plagioclasa: subhedral, de tamaño grueso a medio, con maclas difusas, ligeramente sericitizada, con entrecrecimiento de cuarzo en algunos de sus bordes y afectada por la cataclasis.

Mica Biotita: de tamaño medio a fino, en tablillas delgadas y gruesas, las mas finas se encuentra deformadas mayormente bordeando a los fenocristales.

✚ Accesorios: minerales opacos, de tamaño fino, anhedral y dispersos heterogéneamente; apatito, de tamaño fino a muy fino y prismático; mica muscovita, de tamaño fino, en laminas delgadas y cortas, deformada se observa bordeando a los fenocristales; circón de tamaño fino y prismático; esfena de tamaño fino. (Figura 5.1).

✚ Alteración: Sericita en la plagioclasa.

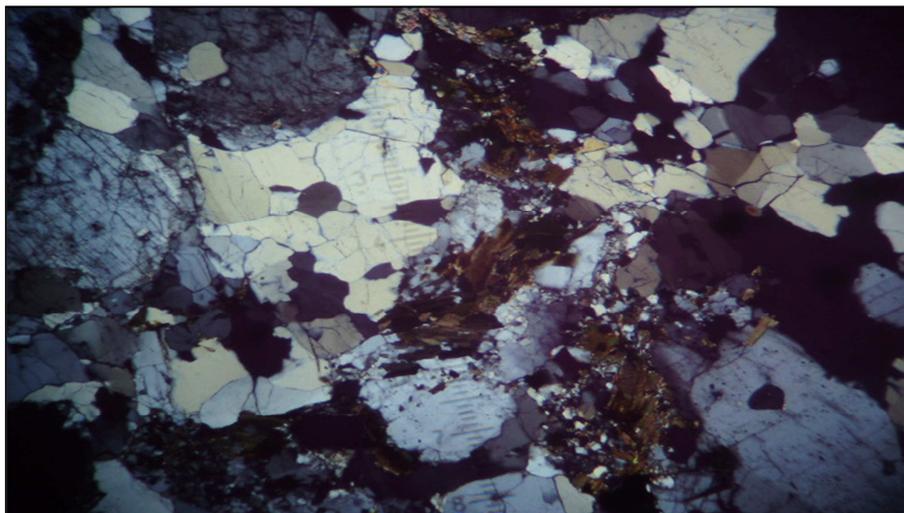


Figura 5.1 Micro fotografía de los minerales.

5.3 Análisis geomecánicos

Consistió en ensayar desde el punto de vista geomecánicos, las muestras de roca obtenidas del yacimiento granítico; de igual forma se hace una descripción general de los diferentes tipos de ensayo de acuerdo a las Normas U.N.E. (Una Norma Española, 1983).

Se realizaron ensayos de absorción, resistencia al desgaste y resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y peso específico.

Los ensayos relacionados con las características mecánicas de las rocas del yacimiento granítico, fueron realizados en el laboratorio de suelos de la Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra.

5.3.1 Coeficiente de absorción de agua

La magnitud de la elaboración de estos análisis en las rocas es con el fin de corroborar la porosidad y el grado de absorción de agua que estas pueden presentar. Si la roca es porosa, absorberá agua y sus minerales específicamente aquellos que contengan hierro en su estructura cristalina serán susceptibles a oxidarse, es por esto que el coeficiente de absorción de agua es de mucha importancia. Las tablas 5.3 y 5.4 muestran los ensayos.

Tabla 5.3 Coeficiente de absorción de agua en la muestra.

Cliente: Cesar Machado Ubicación: Yacimiento Granítico, vía Maripa, Municipio Sucre, Estado Bolívar.					
ENSAYO DE ABSORCIÓN NORMA UNE 22-172 SEGÚN DEERE Y MILLER					
Identificación de las muestras de c/u	Peso de la muestra secada después de 24hrs (grs)	Peso de la muestra sumergida durante 48hrs (grs)	Peso del agua absorbida (grs)	Volumen de agua dentro de la muestra (ml)	% de agua absorbida c/u
M1	195,00	196,90	1,90	1,90	0,974
	117,01	118,34	1,33	1,33	1,136
	58,50	58,80	0,30	0,30	0,512
	108,10	109,15	1,05	1,05	0,971
	43,05	45,50	2,45	2,45	1,045
	35,10	35,40	0,30	0,30	0,854
	61,80	62,10	0,30	0,30	0,485
	135,50	135,98	0,48	0,48	0,354
Resultados					
Porcentaje de absorción (%)					0,791

Tabla 5.4 Clasificación de la roca de acuerdo a su porcentaje de absorción de agua
(Deere y Miller, 1.968).

Clasificación	% Absorción
Muy alta	70-100
Alta	50-70
Media	30-50
Baja®	10-30
Muy baja®	0-10

(® Las rocas óptimas y recomendadas para ser utilizadas en la construcción y ornamentación son las que presenten un porcentaje de absorción entre 0 y 30%).

Analizando el ensayo realizado sobre la muestra se puede decir que tiene un grado de retención de agua muy bajo, por lo cual tiene buena cristalización, por lo tanto, la muestra analizada está en el porcentaje de absorción aceptable para la explotación como roca ornamental.

5.3.2 Resistencia a la compresión

Las rocas graníticas presentan una resistencia, cuando son sometidas a esfuerzos mecánicos. El tipo de textura, grano y naturaleza mecánica de la roca condicionan la distribución de los esfuerzos en el material.

En la comercialización de las rocas ornamentales el valor de la resistencia a la compresión es importante, ya que este parámetro indica el límite de máximo soporte que una roca puede presentar; esto permite diseñar técnicas de transporte, utilización y almacenamiento. Las Tablas 5.5 y 5.6 presentan los valores obtenidos sobre los ensayos realizados.

Tabla 5.5 Resultado del análisis de compresión en las muestras.

Cliente: Cesar Machado Ubicación: Yacimiento Granítico, vía Maripa, Municipio Sucre, Estado Bolívar. ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE NORMA UNE 22-175 SEGÚN DEERE Y MILLER								
Factor de conversión 0,4556 Kg								
Identificación de las muestras de c/u		Lado donde efectua la carga 1 (cm)	Lado donde efectua la carga 1 (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Precisión de la prensa (lb/div)	Carga sobre la muestra (Lb)	Carga sobre la muestra (Kg)	Esfuerzo sobre la muestra Kg/cm ²
1	Muestra tipo cubo	5,00	5,10	25,4	1.000	41.000	18.680	735,42
1	Muestra tipo cubo	5,10	5,00	25,4	1.000	34.000	15.490	609,86

Tabla 5.6 Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia a la compresión simple
(Deere y Miller, 1.968).

Resistencia	σ_c (Kg/cm²)
Resistencia muy alta	>2246,6
Resistencia alta	1124,8-2249,6
Resistencia media	562,4-1124,8
Resistencia baja	281,2-562,4
Resistencia muy baja	0-281,2

Las muestras analizadas obtuvieron una resistencia a la compresión, cuyos valores están entre los rangos establecidos por las normas vigentes del reglamento. Para este caso se siguieron la norma U.N.E.

5.3.3 Ensayo de resistencia al desgaste

Este ensayo permite determinar el desgaste de las rocas, cuando son sometidas a cargas abrasivas. (Tablas 5.7 y 5.8).

Tabla 5.7 Resultados del análisis de ensayo de resistencia al desgaste.

Cliente: Cesar Machado Ubicación: Yacimiento Granítico, vía Maripa, Municipio Sucre, Estado Bolívar. ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESGASTE NORMA UNE 22-172 (ASTM 151-28) SEGÚN DEERE Y MILLER					
Peso de la carga abrasiva		5.000,00	Grs	Tipo de granulometría (A)	
Cantidad de la carga abrasiva		10	Esferas		
Identificación de las muestras de c/u	Nro. de tamíz pasante	Nro de tamíz (retenido)	Peso de la muestra según las normas (grs)	Peso de la muestra después del tamizado (grs)	Peso de la muestra después del tamizado+bandeja (grs)
M1	1 ½ “	1 “	1250 ± 25	1.250,45	1.260,45
	1 “	¾ “	1250 ± 25	1.250,10	1.260,15
	¾ “	½ “	1250 ± 25	1.250,35	1.260,35
	½ “		1250 ± 25	1.250,80	1.260,85
Resultados					
Peso de la muestra inicial	5.001,80	Grs	Coeficiente de desgaste %		38,023
Peso de la muestra final	3.100,00	Grs			

Tabla 5.8 Clasificación de la roca de acuerdo a su porcentaje de desgaste (Deere y Miller, 1.968).

Clasificación	% de desgaste
Muy alta	75-100
Alta	60-75
Media	35-60
Baja®	15-35
Muy baja®	0-15

(® Las rocas óptimas y recomendadas para ser utilizadas en la construcción y ornamentación son las que presenten un porcentaje de desgaste entre 0 y 35%, ya que poseen alta resistencia al uso diario).

Los valores obtenidos sobrepasan las normas U.N.E. concerniente a la determinación del desgaste de las rocas, cuando son sometidas a las cargas abrasivas.

5.3.4 Resistencia a flexión

El valor de resistencia flexión es necesario en algunas de las utilizaciones de mármoles y granitos cortados en placas, como por ejemplo dinteles de huecos y peldaños de escaleras. Si un elemento constructivo tiene que trabajar a flexión se producirán tracciones en algunas de sus partes, y las resisten mal las tracciones. Por consiguiente, si los esfuerzos que ha de soportar una placa son elevados o los apoyos están muy separados habrá que dotarla de un canto o espesor grande

Es importante destacar que la roca, puede presentar planos de debilidad o falla cuando son sometidas a un esfuerzo. De igual manera, el tamaño del grano influye en el resultado. (Tablas 5.9 y 5.10).

Tabla 5.9 Resultados del análisis de ensayo de flexión.

Cliente: Cesar Machado Ubicación: Yacimiento Granítico, vía Maripa, Municipio Sucre, Estado Bolívar.							
ENSAYO DE FLEXIÓN NORMA UNE 22-176 SEGÚN DEERE Y MILLER							
Factor de calibración del anillo 1,0442 Kg/ 10 ⁻⁴ pulg							
Identificación de las muestras de c/u		Ancho de la muestra 1 (cm)	Largo de la muestra 2 (cm)	Espesor de la muestra 3 (cm)	Lectura del deformamiento de carga sobre la muestra (pulg)	Carga sobre la muestra (Kg)	Esfuerzo sobre la muestra Kg/cm ²
1	Muestra tipo rectángulo	4,01	11,41	2,50	540	541,728	364,942
1	Muestra tipo rectángulo	4,80	12,50	2,54	658	660,105	399,673

Tabla 5.10 Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia a la flexión (Deere y Miller, 1.968).

Resistencia	σ_c (Kg/cm ²)
Resistencia muy alta	>600
Resistencia alta	400-600
Resistencia media	250-400
Resistencia baja	140-250
Resistencia muy baja	30-140

5.3.5 Peso específico

La magnitud de la elaboración de estos análisis en las rocas es con el fin de corroborar la densidad de la masa granítica. (Tablas 5.11).

Tabla 5.11 Resultado del análisis de ensayo de peso específico.

Cliente: Cesar Machado Ubicación: Yacimiento Granítico, vía Maripa, Municipio Sucre, Estado Bolívar.							
PESO ESPECÍFICO NORMA UNE 22-172							
Identificación de las muestras de c/u	Peso de la muestra (gr)	Lado de cara 1 (cm)	Lado de cara 2 (cm)	Lado de cara 3 (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Volumen de la muestra (cm ³)	Peso Específico (gr/cm ³)
Cubo	325,2	5,00	5,10	5,01	25,5	127,755	2,54

1	Rectángulo	295,8	11,41	4,01	2,50	45,8	114,385	2,58
	Cubo	321,6	5,10	5,00	5,01	25,5	127,755	2,51
1	Rectángulo	381,9	12,50	4,80	2,54	60,0	152,400	2,50

Los resultados de peso específico realizados a las muestras seleccionadas como representativas entran en el rango (2,5 – 2,67) g/cm³ de clasificación según la ASTTO y UNE para rocas graníticas.

5.4 Geología local

El yacimiento en estudio, se encuentra enmarcado dentro del conjunto granítico del Complejo de Supamo, el cual esta generalmente representado por Granitos Sintectónicos Transamazónicos Tempranos (Fase Supamo).

La zona de estudio afectada por una gran falla, la cual separa la Provincia Geológica de Imataca de la Provincia Geológica de Pastora (Complejo de Supamo Removilizado).

En dicha zona, ubicada dentro del Fundo Capuripia este cuerpo granítico presenta, grandes dimensiones, es un yacimiento de estructura masiva, muy pocas diaclasas se observan en rumbo N70°W y otras en dirección N30°-60°E, su meteorización es esferoidal.

Con relación a las diaclasas hacia las áreas de mayor pendiente del yacimiento en estudio se ven algunas perpendiculares a la estructura principal con rumbo Norte franco, con un grado de inclinación de 90°, en la parte superior del yacimiento se

observan marmitas que oscilan en diámetros de 1 metro aproximadamente, producto de la vicelación que hace el cuarzo en algunas partes del yacimiento.

Las inyecciones de vetas y vetillas de cuarzo son evidentes en este afloramiento.

Pocas intrusiones de vetas de cuarzo, dan una mejor composición masiva del yacimiento considerado como un granito cataclástico intrusivo en el Complejo de Imataca, es de hacer notar que alrededor de estos yacimientos, existen otros grupos que presentan mayores cantidades de vegetación, dándole un aspecto geomorfológico de peniplanicies.

En lo que respecta al aspecto económico del área de estudio, es totalmente positivo para una explotación de granitos en bloques que podrían utilizarse como roca ornamental en la construcción de edificios, casas y otros, muy atractivo al mercado nacional e internacional por la uniformidad y la resistencia al desgaste producto de la cantidad de cuarzo, con mas de 40% aparte del tono o color azuloso que presenta el mismo una vez procesado el pulimiento.

El área de estudio esta constituida por, una unidad de rocas graníticas intrusivas, ocupando el 40% del área, el Complejo de Supamo Removilizado, con el 50% del área y los depósitos recientes, el 10% del área.

El yacimiento en estudio se encuentra ubicado en el Complejo de Supamo Removilizado (Provincia de Pastora), limitado al Norte por la Provincia de Imataca y al Sur por Sedimentos Recientes.

5.5 Calculo de reservas

Para la estimación de la reserva del yacimiento granítico del fundo Capuripia, se procedió a realizar un levantamiento planialtimétrico a escala apropiada de 1:100000 donde se delimito el perímetro del afloramiento del yacimiento y se procedió a calcular las mismas por los métodos de isolíneas y secciones. (Figura 5.2).

5.5.1 Reservas probadas

Las reservas probadas del yacimiento granítico dieron como resultado 5.240.000 m³. (Figura 5.2).

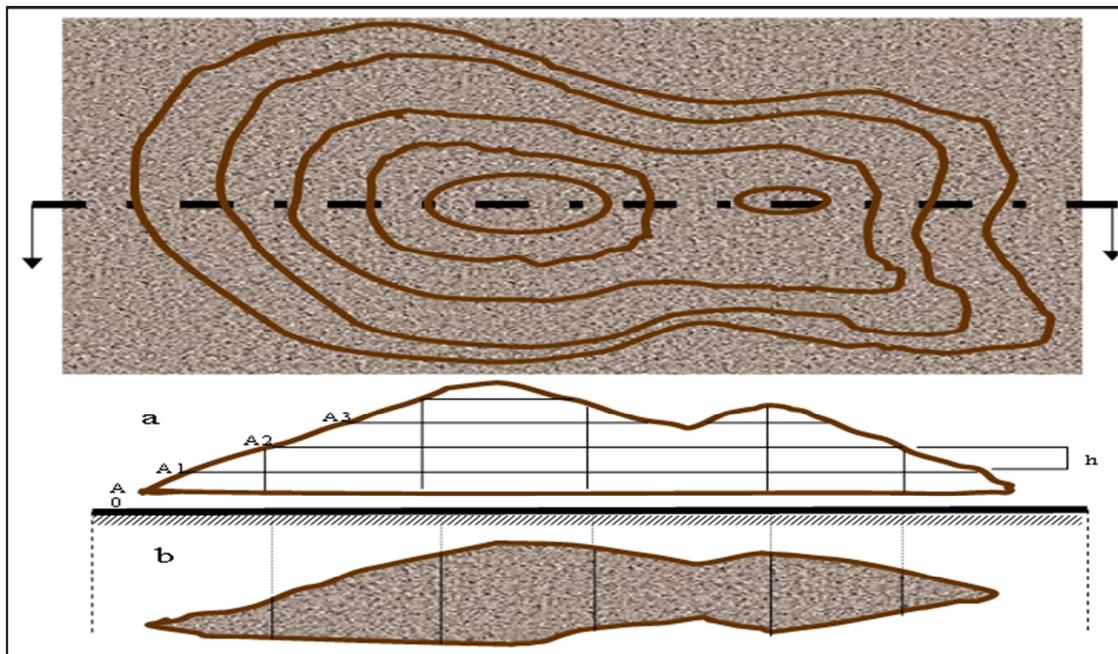


Figura 5.2 Método de las isolíneas usado para el cálculo de reservas probadas del área de explotación.

CAPÍTULO VI

GEOLOGÍA ECONÓMICA

La zona del Fundo Capuripia, desde el punto de vista geológico-económico, lo representan varios yacimientos de rocas graníticas de contextura masiva y color uniforme siendo muy atractivo para la explotación de rocas ornamentales muy útiles en la rama de la construcción.

El yacimiento de roca granítica estudiado presenta las características aceptables (color, dureza, uniformidad en composición mineral) para competir en el mercado nacional e internacional.

Actualmente este yacimiento se encuentra intacto, no se ha trabajado y cumple con las mejores condiciones para explotarlo en vista que la geomorfología del mismo se presenta con pendientes suaves de 4%-5% y se encuentra a pocos kilómetros de Ciudad Bolívar y muy próximo a la carretera asfaltada hacia el centro poblado de Maripa-Ciudad Bolívar.

Las condiciones del yacimiento lo coloca en un ambiente de fácil acceso y con metodologías de explotación a cielo abierto, con el uso del hilo diamantado, soplete o pólvora para la extracción de los bloques de aproximadamente 33 Tn que son las características que debe presentar para su trabajado en los telares según las exigencias del mercado.

En la región del estado Bolívar, existen muchos yacimientos con diferentes estructuras geológicas muy atractivas en el mercado nacional e internacional, no todos con el mismo precio, varía según el color, textura, tamaño del mineral (granos), estructura etc.

El yacimiento que estamos evaluando tiene una ventaja, por su textura, color, tamaño uniforme del mineral y el yacimiento es totalmente masivo, que lo hace competitivo en el mercado como roca ornamental.

6.1 Geología económica

El presente capítulo contiene una información geoeconómica mas detallada de los recursos minerales presentes en la zona de estudio.

Los análisis realizados demostraron que es factible el uso de estos granitos en diversas actividades de la industria. Como por ejemplo, es posible su uso en la industria ornamental, ya que se puede obtener laminas pulidas, que a su vez se utilizan como revestimiento de pisos y paredes.

Por otro lado, también se pueden aprovechar en la construcción para ser procesados como piedra picada (diferentes diámetros).

Actualmente, el granito en toda su variedad de colores, constituye uno de los yacimientos no metálicos más explotados en Venezuela, con fines ornamentales, y el estado Bolívar representa una de las fuentes más importantes de este recurso.

La explotación de estas rocas graníticas, permitirán el aprovechamiento de este recurso mineral no metálico, con el consiguiente beneficio para la colectividad, tanto

social como económicamente, siempre tomando en cuenta la armonía de las operaciones de explotación con el medio ambiente.

Estos materiales graníticos, representan no solo calidad y belleza, sino otros aspectos como por ejemplo: longevidad, ausencia de mantenimiento, dureza, resistencia frente a la contaminación, a los agentes atmosféricos, etc. Es por eso que el granito es el material perfecto, tanto para grandes construcciones, como para uso domestico, entre otros. Su demanda esta creciendo en todo el mundo, y seguirá siendo el material del futuro.

6.2 Factibilidad comercial

El estado venezolano debe dar en concesión a empresas extranjeras o nacionales con capital suficiente, para que inviertan en la explotación de este yacimiento, para así asegurar la producción desde el punto de vista comercial. Aunque no es descartable que parte de la producción (70%) sea comercializada en países como Italia, España, Francia tal como ocurre actualmente y el restante (30%) en Venezuela, dado la calidad de este producto el cual es atractivo hacia estos sectores comerciales.

6.3 Consideraciones económicas

La estimación de la inversión, tiene dos componentes principales; una parte del capital fijo y otra parte de capital circulante. La inversión fija se refiere a los fondos necesarios para la adquisición del terreno, maquinaria, instalaciones, etc., mientras que el circulante representa el dinero para comenzar la operación y asumir la obligación subsiguiente durante la puesta en marcha del proyecto. El Capital circulante lo componen las partidas disponibles (dinero en caja), deudores (cuentas por cobrar), acreedores (cuentas por pagar), e inventarios. Se recomienda que el

capital circulante sea equivalente a los costos de operación estimados de cuatro meses, sobre una base de producción completa.

Para la estimación de la inversión se ha utilizado el método del índice de facturación el cual es igual al valor de la unidad del producto dividido por la inversión específica del proyecto. En minería se suele verificar que la relación entre la facturación anual y la inversión total oscile entre 0.30 y 0.35.

6.3.1 Para nuestro caso específico

- a. Precio de venta = 500 a 1000 US Dollars/M³.
- b. Precio de venta promedio = $(500 + 1000) / 2 = 750 \text{ \$M}^3$.
- c. Producción anual = 4500 M³.

6.3.2 Por consiguiente la inversión estimada será de orden de inversión

- a. Inversión = $(750 \text{ U\$/M}^3 / 0.35) \times 4500 \text{ M}^3 / \text{año} = 9.642.857.143 \text{ U\$}$.
- b. Inversión en bolívares fuertes = $9.642.857.143 \text{ U\$} \times 4 \text{ Bsf}$.
- c. $\text{Bsf/U\$} = 38.571.428.570 \text{ Bsf}$.

6.4 Evaluación económica del proyecto

Para llevar a cabo la valoración económica del proyecto se ha utilizado el método de periodo retorno (PR), también denominado payback time, pay off, etc. El cual se caracteriza por no tomar en consideración el factor tiempo y se trata de

calcular el número de años que son necesarios para recuperar la cantidad invertida en el proyecto.

Para ello se sumas algebraicamente los flujos de fondos positivos de los diferentes periodos hasta llegar a aquel en que iguale la cantidad monetaria invertida.

- a. Inversión en bolívares= 38.571.428.570 Bsf.
- b. Flujo de fondos anual estimados = $4500 \text{ M}^3 \times 750 \text{ U\$} \times 4\text{bsf}$.
- c. $\text{Bsf/U\$} = 13.500.000 \text{ Bsf/año}$.
- d. Por consiguiente el periodo de retorno = 2.86 años.

En las Tablas 6.1 y 6.2 se observa la distribución de costos de materiales y distribución de costo personal.

Tabla 6.1 Distribución de los costos de materiales.

MATERIAL	CANTIDAD Y PRECIO	Bsf
POLVORA NEGRA	1400 kg x Bs.600/kg	840
MECHA CORRIENTE	2300 m x Bs.180/M	414
ANFUL	9000 kg x 300 Bs./m.	2700
CORDON DETONANTE	19000 M x 300 Bs./m	5700
FULMINANTES	600 FULM. x Bs 3000 c/u	1800
GASOIL	300000 L x 180 Bs./l	54000
ACEITE	24000 L x BS.1500	36000
GRASA	1000 Kg. x 750	750
CAUCHOS	6 x 4000	24000
OTROS	2600	2600
		128.804

Tabla6.2 Distribución de los costos de personal.

N°	PERSONAL	Bsf/MES	Bsf/AÑO
1	Ingeniero de Minas	6000	72000
1	Secretaria	1500	18000
1	Administrador	3000	36000
2	Operador equipo pesado	2800	33600
1	Mecánico	2000	24000
1	Ayudante mecánico	1300	15600
1	Operador de Maquina corte	2300	27600
6	Obreros	3600	43200
1	Vigilante	1200	14400
1	Cocinero	1300	15600
	TOTAL Bsf./AÑO	25000	300000

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Es factible el desarrollo de una cantera en el yacimiento granítico, para la extracción de rocas graníticas, ubicado dentro del Fundo Capuripia, en el Municipio Sucre del estado Bolívar permitiendo un desarrollo sustentable para la zona.
2. La ubicación del yacimiento granítico se encuentra cerca de Ciudad Bolívar y el poblado de Maripa, lo que garantiza mano de obra local y el fácil traslado por las vías asfaltadas las cuales permiten una alta reducción de gastos.
3. Las operaciones de explotación se realizan en armonía con el medio ambiente y tomando en cuenta una extrema seguridad para todo el personal que realiza actividad laboral.
4. Se pudo determinar que el proyecto es técnica y económicamente viable, respetando estrictamente las normas ambientales vigentes para la explotación de una cantera.
5. La empresa que trabaje el granito tiene bajo su responsabilidad la explotación de esta excelente roca ornamental.

Recomendaciones

1. El fiel cumplimiento de las normas ambientales vigentes y de las medidas de seguridad de todo el personal que labora para la empresa.
2. Que el material estéril se reduzca lo menos posible, para el mayor aprovechamiento del yacimiento.
3. Un estudio geológico más a detalle de las áreas circundantes.
4. Evitar cualquier tipo de impacto ambiental diferente al ocasionado por la extracción del mineral.
5. Que todo el personal empleado sea altamente calificado para el uso de maquinarias y de las demás actividades de la mina.
6. Que la empresa cumpla con todas las especificaciones técnicas que se indican en el presente estudio y las establecidas por el Ministerio del Ambiente y de los recursos naturales renovables y el IAMOT. Las cuales orientan jurídicamente a la recuperación, conservación y protección de los recursos naturales renovables de la zona.

REFERENCIAS

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

Campos, Karen y Mendoza Félix, (2004) **CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOMECÁNICA DE LAS ROCAS GRANÍTICAS DEL AFLORAMIENTO CENTRAL DE LA CANTERA TEBRA, UBICADO EN CIUDAD PIAR, MUNICIPIO AUTÓNOMO RAÚL LEONI, ESTADO BOLÍVAR**, Escuela de Ciencias de la Tierra. Universidad de Oriente. Venezuela.

Corporación Venezolana de Guayana (CVG), Técnica Minera (Tecmin, 1989) **INFORME DE AVANCE NC-20-14**. Tomo I, II y III.

Deere, D., y Miller, R., (1968). **ENGINEERING PROPERTIES OF ROCK. CAP. 1 DE ROCK MECH**. Nueva York.

E.T.S. de Ingenieros de Mina de Madrid, (1995). **MANUAL DE ROCAS ORNAMENTALES**. Madrid, pp 177 a 182.

Geominas, (2000) **PRODUCCION E INDUSTRIALIZACION DE LAS ROCAS ORNAMENTALES DEL ESTADO Bolívar**: Boletín, N° 28. Escuela Ciencias de la Tierra. UDO. Venezuela. pp 4, 5.

González De J., C. Iturralde De Arozena, J. y Picard, X., (1980) **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS**, Ediciones Foninves, Tomo I. Caracas.-Venezuela. pp 59-76.

Graffe Robert, (2000) **EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE ROCAS GRANÍTICAS DEL CERRO GUZMANERO ENTRE CIUDAD PIAR Y SANTA ROSA, MUNICIPIO RAUL LEONI, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**. Tesis de grado UDO Ciudad Bolívar pp 45-46.

Heinrich, (1980) **PETROGRAFÍA MICROSCÓPICA**, Segunda edición, edición Omega, S.A. Casanova, 220, Barcelona. pp 34-49, 95-97, 194-265.

Herrero, N., José y Guilloux, Louis (1999) **“PROYECTO DE LABORATORIO DE GEOTÉCNIA (ENSAYOS DE ROCAS ORNAMENTALES)”**. FUNDAGEOMINAS–UDO / IAMOT, Ciudad Bolívar. pp 59-75.

IAMOT–FUNDAGEOMINAS, (1997) **INVENTARIO DE LOS MINERALES NO METÁLICOS DEL ESTADO BOLÍVAR**. Material Interno. P 44.

Kalliokoski Joseph, (1965) **PARTE NORTE- CENTRAL DEL ESCUDO DE GUAYANA**. Ministerio de Energía e Hidrocarburos. Caracas. pp. 85.

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

López, J. Carlos (1995) **MANUAL DE ROCAS ORNAMENTALES, PROSPECCIÓN, EXPLOTACIÓN, ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN. ETS.** Ing. Minas- Editorial Loemco, Madrid. pp. 61-191.

Mendoza S. V., (1973) **EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL ESCUDO DE GUAYANA (RESUMEN).** II Congreso Latinoamericano de geología, MEM. Caracas. pp 75.

Mendoza S. V., (1977) **EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL ESCUDO DE GUAYANA.** II Congreso Latino-Americano de Geología. PTB. Esp. N° 7, Tomo III, Caracas - Venezuela. pp 2237-2270.

Mendoza S. V., (2000) **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA DEL ESCUDO DE GUAYANA.** Puerto Ordaz, Venezuela. pp 58-125.

Menéndez A., (1968) **REVISIÓN DE LA ESTRATIGRAFÍA DE LA PROVINCIA DE PASTORA SEGÚN EL ESTUDIO DE LA REGIÓN DE GUASIPATI.** Guayana Venezolana: Boletín de Geología, Caracas, Vol. 10. pp 309-338.

Morales Manuel, (1999). **RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO EN ROCAS GRANÍTICAS CON FINES ORNAMENTALES AL NOROESTE DE CIUDAD BOLÍVAR – ESTADO BOLÍVAR.** Tesis de Grado. Universidad de Oriente (UDO).Ciudad Bolívar - Venezuela.

Muñoz de la N. y otros (1989): **METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN DE ROCAS ORNAMENTALES: GRANITOS.** Boletín Geológico y Minero.Vol. 100 – 3.

Rivas Gloria (2003) **ESTUDIO GEOMINERO-AMBIENTAL DE LAS ROCAS GRANÍTICAS DEL FUNDO EL BARCO, MUNICIPIO RAÚL LEONI, ESTADO BOLÍVAR**. Tesis Postgrado Recursos Naturales. UDO, Ciudad Bolívar. pp 85-115.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

Título	ESTUDIO GEOLÓGICO Y EVALUACIÓN DEL YACIMIENTO GRANÍTICO UBICADO EN EL FUNDO CAPURIPIA, MUNICIPIO SUCRE, ESTADO BOLÍVAR.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
	MACHADO S. CESAR A	CVLAC
e-mail		
e-mail		
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

ESTUDIO GEOLOGICO
EVALUACION
YACIMIENTOS
GRANITICO
FUNDO CAPURIPIA

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA	GEOLOGIA

Resumen (abstract):

Este trabajo de grado ofrece un estudio y evaluación de rocas graníticas del yacimiento granítico, ubicado en el Fundo Capuripia, del Municipio Sucre del estado Bolívar, se localiza a 114 kilómetros de Ciudad Bolívar vía a la población de Maripa. Tiene un área de 300 has. La roca presente en el área de estudio fue denominada a partir de análisis petrográficos, como un Granito Cataclástico. La litología del área de estudio pertenece al Complejo de Supamo Removilizado (Provincia de Pastora), son rocas Precámbricas, siendo estas muy antiguas y discordantes a ellos se encuentran depósitos Recientes. Estructuralmente se identifican fallas, sinclinoideas, anticlinoideas, domos y fracturas. A las muestras tomadas se les realizaron análisis macroscópicos, petrográficos, pruebas de resistencia, corte y pulido, para así determinar su composición mineralógica, el corte realizado a la muestra de mano pulida presentó un excelente acabado ornamental. La calidad del producto en el yacimiento la hace ser comercialmente competitivo a nivel nacional e internacional siendo este tipo de roca ornamental atractiva. El desarrollo minero propuesto en este estudio, está apegado estrictamente a la Ley de Minas del estado Bolívar y las Normas Ambientales vigentes.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail				
	ROL	C <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	T <input type="checkbox"/>	J <input type="checkbox"/>
	A	S <input type="checkbox"/>	U <input type="checkbox"/>	U <input type="checkbox"/>	
	CVL AC				
	e-mail				
e-mail					
	ROL	C <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	T <input type="checkbox"/>	J <input type="checkbox"/>
	A	S <input type="checkbox"/>	U <input type="checkbox"/>	U <input type="checkbox"/>	
	CVL AC				
	e-mail				
e-mail					
	ROL	C <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	T <input type="checkbox"/>	J <input type="checkbox"/>
	A	S <input type="checkbox"/>	U <input type="checkbox"/>	U <input type="checkbox"/>	
	CVL AC				
	e-mail				
e-mail					

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

--	--	--

Lenguaje: spa

