

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



**EVALUACIÓN PETROMINERALÓGICA Y DE PROPIEDADES  
GEOMECÁNICAS CON FINES ORNAMENTALES, DE LAS  
ROCAS PLUTÓNICAS DE LOS CERROS LAJA I Y II, SECTOR  
PALMA SOLA, MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR.**

**TRABAJO FINAL DE  
GRADO PRESENTADO POR  
LOS BACHILLERES  
ALASSKA CARRILLO Y  
ALBERTO SALAZAR PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO GEÓLOGO**

**CIUDAD BOLÍVAR, NOVIEMBRE DE 2017**



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

**ACTA DE APROBACIÓN**

Este trabajo de grado, titulado: “**EVALUACIÓN PETROMINERALÓGICA Y DE PROPIEDADES GEOMECÁNICAS CON FINES ORNAMENTALES, DE LAS ROCAS PLUTÓNICAS DE LOS CERROS LAJA I Y II, SECTOR PALMA SOLA, MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR**”, presentado por los bachilleres: **ALBERTO SALAZAR**, portador de la cédula de identidad N° **V-18.236.673** y **ALASSKA CARRILLO**, portadora de la cédula de identidad N° **V-23.817.477**; como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO GEÓLOGO**, ha sido **APROBADO**, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

**Nombre y Apellido:**

**Firma:**

\_\_\_\_\_  
Prof. Miguel Gómez

(Asesor)

\_\_\_\_\_  
(Jurado)

\_\_\_\_\_  
(Jurado)

\_\_\_\_\_  
Prof. Javier Ramos  
Jefe del Departamento de  
Ingeniería Geológica

\_\_\_\_\_  
Prof. Francisco Monteverde  
Director de Escuela

En Ciudad Bolívar, a los \_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del 2017

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo de grado a la Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, porque en cada una de sus aulas logré, con el apoyo de los profesores, formarme como una profesional, permitiéndome llegar hasta aquí.

También quiero dedicársela a mis padres Miguel Ángel Carrillo y Lina Del Valle Brito por ser una base fundamental y a mi amado hijo David Alejandro, por ser el motor principal que conduce mi vida y mis acciones.

*Alasska Carrillo*

Este trabajo de grado quiero dedicárselo a la Universidad de Oriente y a los profesores que hacen vida en la Escuela de Ciencias de la Tierra, que contribuyeron con mi formación académica.

A mi madre Abia Jiménez Conde, por ser mi apoyo en todo momento y a mi padre Leopoldo Salazar Prieto, quien en vida estuvo presente para mí en las buenas y las malas.

*Alberto Salazar*

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente quiero darle las gracias a Miguel Ángel Carrillo y Lina Del Valle Brito mis padres, por permitirme con su apoyo y consejo alcanzar la meta de ser una profesional. Luego quiero agradecer a las demás personas que lo hicieron posible; como el profesor Miguel Gómez nuestro tutor, quien fue un gran apoyo a lo largo de la trayectoria de estudiante en la Universidad de Oriente. A la Dra. Abia Jiménez y a Alberto Salazar su hijo, por el respaldo y acompañamiento que me brindaron en momentos cruciales de la carrera. Aquí también quiero darle las gracias a la Universidad de Oriente por ser el medio que me permitió convertirme en una profesional, al instituto de Geología y Minas, a la Cantera de Palma Sola, a la empresa de Construcción San Antonio y al laboratorio de Ingeniería de Inspección y Control de Calidad, por el apoyo prestado para la realización de este trabajo de grado.

*Alasska Carrillo*

Primeramente quiero agradecerle a Dios, a Abia Jiménez Conde mi madre, por ser un apoyo, una guía, por su orientación y consejos, por estar ahí y sobre todo siempre creer en mí. A Leopoldo Salazar Prieto mi padre, quien me apoyó y me protegió en todo momento. A Lidsay Salazar Jiménez mi hermana, a Constantino Maradei y Petra Muñoz que me apoyaron para que concluyera mis estudios. También quiero agradecer a todos los profesores que de alguna u otra forma contribuyeron con mi formación, muy especialmente a nuestro tutor el profesor Miguel Gómez y por último, a Alasska Carrillo por acompañarme y ser mi apoyo en el desarrollo de la carrera.

*Alberto Salazar*

## RESUMEN

Esta investigación consistió en la evaluación de los afloramientos rocosos Laja I y Laja II, para determinar sus características petromineralógicas y propiedades geomecánicas, con el fin de comprobar su aptitud para la explotación como recurso mineral no metálico; en este caso como material ornamental y estimar el volumen explotable. Para llevar a cabo esta evaluación se cumplió con el desarrollo de una metodología, enmarcada en una exploración geológica de campo, donde se accedió a los Cerros Laja I y Laja II, presentes en el sector Palma Sola del Municipio Heres del Estado Bolívar; haciendo un reconocimiento del área de estudio, realizando así la toma de datos de las distintas características presentes tales como; relieve, suelo, vegetación, la ubicación satelital (G.P.S.), y un número de veinte (20) muestras representativas, necesarias para dar inicio a una posterior fase de laboratorio donde la evaluación se realizó a través de ensayos geomecánicos (compresión simple, flexión, impacto o choque, abrasión, humedad) aplicados a 16 probetas provenientes de las muestras de roca fresca representativas de los cerros antes mencionados, dando fiel seguimiento de las normas internacionales para rocas ornamentales. Una Norma Española (UNE), obteniendo resultados positivos en los ensayos, los cuales nos permiten clasificar las muestras representativas de los cerros como un material altamente competente para este fin; además de análisis petrográficos de secciones finas, esenciales para su clasificación según el grafico de Streckeisen, y análisis macroscópico de roca fresca y roca pulida, con los cuales también se pudo evidenciar el potencial y belleza de estas rocas plutónicas, para su comercialización como materia prima en este amplio mercado de las rocas ornamentales, los resultados de laboratorio conjuntamente con los de campo, adicionados al mapa geológico de la zona permitieron calcular unas reservas estimadas de  $3.870.465,60 \text{ m}^3$  con una densidad promedio de  $2,6 \text{ gr/cm}^3$  los cuales representan 10.063.210,56 Toneladas de roca ornamental.

# CONTENIDO

	Página
ACTA DE APROBACIÓN .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
RESUMEN.....	v
CONTENIDO .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABLAS .....	x
LISTA DE APÉNDICES.....	xii
LISTA DE ANEXOS.....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR.....	3
1.1 Situación objeto de estudio .....	3
1.2 Objetivos de la investigación .....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos .....	4
1.3 Justificación de la investigación.....	5
1.4 Alcance de la investigación .....	6
1.5 Limitaciones de la investigación .....	6
CAPÍTULO II .....	7
GENERALIDADES .....	7
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	7
2.2 Accesibilidad .....	8
2.3 Características físico-naturales del área de estudio.....	9
2.3.1 Geomorfología.....	9
2.3.2 Hidrografía y drenaje .....	10
2.3.3 Clima.....	11
2.3.4 Vegetación.....	16
2.3.5 Fauna local.....	18
2.3.6 Suelos.....	20
2.4 Geología regional .....	21
2.4.1 Provincia geológica de Imataca .....	22
2.4.2 Formación Mesa .....	25
2.4.3 Sedimentos del Reciente.....	26

CAPÍTULO III.....	28
MARCO TEÓRICO.....	28
3.1 Antecedentes de la investigación .....	28
3.2 Fundamentos teóricos.....	29
3.2.1 Rocas ígneas .....	29
3.2.2 Clasificación de las rocas ígneas .....	30
3.2.3 Análisis petrográfico.....	31
3.2.4 Triángulo de Streckeisen (1972).....	31
3.2.5 Rocas ornamentales .....	32
3.2.6 Características geomecánicas de las rocas plutónicas con fines ornamentales.....	33
3.2.7 El granito .....	44
3.2.8 El metamorfismo y las rocas metamórficas.....	47
 CAPÍTULO IV.....	 50
METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	50
4.1 Tipo de investigación .....	50
4.2 Diseño de la investigación .....	51
4.2.1 Diseño documental .....	51
4.2.2 Diseño de campo.....	52
4.3 Etapas de la investigación .....	52
4.3.1 Etapa de oficina .....	53
4.3.2 Etapa de campo.....	55
4.3.3 Etapa de laboratorio.....	59
4.3.4 Análisis e interpretación de resultados .....	61
4.4 Población de la investigación.....	61
4.5 Muestra de la investigación.....	62
4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	62
4.6.1 Técnicas de recolección de datos.....	62
4.6.2 Instrumentos de recolección de datos.....	63
 CAPÍTULO V .....	 65
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	65
5.1 Análisis petrográficos de secciones finas para designar su nomenclatura y estimar el potencial ornamental, en base a la composición mineralógica de las rocas .....	65
5.1.1 Análisis Petrográfico CL <sub>2</sub> M <sub>1</sub> SF .....	65
5.1.2 Análisis Petrográfico CL <sub>1</sub> M <sub>1</sub> SF .....	66
5.2 Determinación de las propiedades geomecánicas, con fines ornamentales, de muestras representativas de roca fresca provenientes de los afloramientos Laja I y Laja II. ....	69

5.2.1	Análisis de Abrasión o Desgaste.....	69
5.2.2	Resistencia a la Compresión Simple o Uniaxial.....	70
5.2.3	Resistencia a la Flexión .....	72
5.2.4	Impacto o Resistencia al Choque.....	74
5.2.5	Humedad o Coeficiente de Absorción de Agua.....	74
5.2.6	Cálculo de la Densidad Específica .....	76
5.3	Definir el potencial de las rocas plutónicas presentes como rocas ornamentales, en función del color y la descripción macroscópica de las muestras.....	77
5.3.1	Análisis Macroscópico muestra $M_{1AMCL_1}$ .....	78
5.3.2	Análisis Macroscópico muestra $M_{1AMCL_2}$ .....	79
5.4	Elaboración del mapa geológico de la zona de estudio de los Cerros Laja I y Laja II.....	79
5.5	Estimación de reservas y áreas de afloramientos rocosos de interés económico. ....	80
5.5.1	Área o Superficie ocupada por los afloramientos rocosos.....	80
5.5.2	Estimación de reservas .....	80
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		83
Conclusiones .....		83
Recomendaciones.....		84
REFERENCIAS.....		85
APÉNDICES.....		88
ANEXOS .....		101

## LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación relativa de la zona de estudio (Cartografía Nacional) .....	7
2.2 Imagen satelital Cerros Laja I, II y zonas aledañas (Google Earth, 2017).....	8
2.3 Entrada de la zona de estudio.....	9
2.4 Paisajes de lomerío en la zona de estudio .....	10
2.5 Hidrografía presente en el Sector Palma Sola (Auto CAD, 2012).....	11
2.6 Distribución temporal de la precipitación media mensual (mm) durante el período climático 1994-2007 (INAMEH, 2017). .....	13
2.7 Distribución temporal de la precipitación media mensual (mm) durante el período climático 1994-2007 (INAMEH, 2017). .....	14
2.8 Distribución temporal de la temperatura media mensual (°C) durante el período climático 1994-2007 (INAMEH, 2017). .....	15
2.9 Distribución temporal de la humedad relativa (%) durante el período climático 1994-2007 (INAMEH, 2017).....	16
2.10 Vegetación herbácea-arbustiva presente en la zona de estudio.....	17
2.11 Bosques de galería presentes en la zona de estudio .....	18
2.12 Suelo presente en el área de estudio, Ultisol.....	21
2.13 Mapa de provincias geológicas del estado Bolívar (Mendoza, V. 2012) .....	22
2.14 Granulitas félsicas presentes en la zona de estudio.....	23
2.15 Diques de anfibolita presentes en las rocas de la zona de estudio .....	24
2.16 Extensión geográfica de la Formación Mesa (PDVSA-INTEVEP, 1997- 2005). .....	27
3.1 Diagrama de Streckeisen (Gómez, M. 2007). .....	32
3.2 Equipo para ensayo de Abrasión (Tipo A) .....	37
3.3 Equipo para el ensayo de Impacto o Choque .....	433
4.1 Flujograma de la metodología de la investigación.....	544
4.2 Mediciones del rumbo de la foliación en las rocas aflorantes .....	566
4.3 Muestras de mano presentes en la zona de estudio .....	588
5.1 Microfotografía de la Muestra CL <sub>2</sub> M <sub>1SF</sub> .....	666
5.2 Microfotografía de la muestra CL <sub>1</sub> M <sub>1SF</sub> .....	677
5.3 Ubicación de la muestra analizada petrográficamente en el Diagrama de Streckeisen .....	688
5.4 Gráfica comparativa de los resultados del ensayo de Abrasión o Desgaste.....	70
5.5 Gráfica de los resultados del ensayo de Compresión Simple .....	71
5.6 Gráfica de resultados del ensayo de Flexión.....	73
5.7 Gráfica de resultados del ensayo de Absorción de Agua .....	75
5.8 Topografía del Cerro Laja I.....	81
5.9 Topografía Cerro Laja II .....	82

## LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Promedios anuales de los parámetros del clima registrados en el período 1994-2007 (INAMEH, 2017) .....	12
2.2 Datos climatológicos (precipitación) del área de Ciudad Bolívar período 1994-2007. *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa. (INAMEH, 2017) .....	13
2.3 Datos climatológicos (evaporación) del área de Ciudad Bolívar período 1994-2007. *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa (INAMEH, 2017) .....	14
2.4 Datos climatológicos (temperatura) del área de Ciudad Bolívar período 1994-2007. Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa. (INAMEH, 2017) .....	15
2.5 Datos climatológicos (humedad relativa) del área de Ciudad Bolívar período 1994-2007. *Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa (INAMEH, 2017) .....	16
2.6 Mamíferos (C.V.G. TECMIN, 1991) .....	19
2.7 Aves (C.V.G. TECMIN, 1991) .....	19
2.8 Reptiles (C.V.G. TECMIN, 1991) .....	20
3.1 Clasificación comercial y científica de las rocas ornamentales (Regueiro y González, 2008) .....	33
3.2 Densidades aproximadas de algunas rocas (Regueiro y González, 2008) .....	35
3.3 Clasificación de la roca de acuerdo a su porcentaje de Absorción de Agua (Deere y Miller, 1968) .....	36
3.4 Clasificación de la roca de acuerdo a su porcentaje de Desgaste (Deere y Miller, 1968) .....	38
3.5 Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia a la Compresión Simple (Deere y Miller, 1968) .....	40
3.6 Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia a la Flexión para granitos (Deere y Miller, 1968) .....	422
3.7 Clasificación de la resistencia al Impacto (Regueiro y González, 2008) .....	43
3.8 Importancia de los ensayos de acuerdo al uso de la roca (Deere y Miller, 1966) .....	44
5.1 Resultados del Análisis Petrográfico CL <sub>2</sub> M <sub>1</sub> SF .....	66
5.2 Resultados del Análisis Petrográfico CL <sub>1</sub> M <sub>1</sub> SF .....	688
5.3 Resultados del ensayo de Abrasión o Desgaste .....	699
5.4 Clasificación de la calidad de la roca de acuerdo a su valor de resistencia al Desgaste (Deere y Miller, 1966) .....	70
5.5 Resultados de la resistencia a la Compresión Simple o Uniaxial .....	71
5.6 Clasificación de la calidad de la roca de acuerdo a su valor de resistencia a la Compresión Simple (Regueiro y González, 2008) .....	72
5.7 Resultados del ensayo de Flexión .....	72

5.8 Clasificación de la calidad de la roca de acuerdo a su valor de resistencia a la flexión (Regueiro y González, 2008).....	73
5.9 Resultados del ensayo de rotura por Impacto .....	74
5.10 Resultados de la prueba de Absorción de Agua (Humedad).....	74
5.11 Clasificación de la roca de acuerdo a su porcentaje de Absorción de Agua (Regueiro y González, 2008).....	75
5.12 Cálculo de la densidad de las rocas analizadas .....	766
5.13 Densidad de algunas rocas (Regueiro y González, 2008).....	766
5.14 Resumen de Resultados de los ensayos Geotécnicos.....	777
5.15 Ubicación y descripción macroscópica de afloramientos .....	777
5.16 Cálculo de área (por cerro) ocupada por los afloramientos rocosos .....	80
5.17 Resumen con estimación de reservas .....	80

## LISTA DE APÉNDICES

	Página
A. NORMAS EMPLEADAS.....	89
A.1 Normas U.N.E. empleadas en la investigación .....	90
B. ANALISIS GEOMECÁNICOS .....	92
B.1 Muestra pulida para evaluar potencial ornamental.....	93
B.2 probetas para ensayo de Compresión Simple .....	93
B.3 Probetas para ensayo de Flexión.....	93
B.4 Probetas para ensayo de Choque .....	94
B.5 Variedad de tonalidades de las rocas en la zona de estudio .....	94
B.6 Resultados del ensayo de Compresión Simple .....	95
B.7 Resultados del ensayo de Flexión.....	96
B.8 Resultado del ensayo de Abrasión .....	97
B.9 Resultados del ensayo de Impacto o Choque .....	98
B.10 Resultados del ensayo de Absorción de Agua .....	99
B.11 Corte de las muestras en Probetas.....	100

## **LISTA DE ANEXOS**

- 1 MAPA GEOLÓGICO: SECTOR PALMA SOLA, AFLORAMIENTOS CERROS LAJA I Y II.

## INTRODUCCIÓN

Ante la inquietud del desarrollo de la minería no metálica en el estado Bolívar, enfocada en el mercado de las rocas ornamentales surgieron varias interrogantes como; la fuente de estos recursos, la abundancia existente en el estado, el aporte económico del aprovechamiento del mismo, así como también, los distintos procesos de explotación, extracción, acondicionamiento o transformación de la materia prima, en este caso las rocas, en mercancía (baldosas, topes, laminas, entre otras denominaciones).

Destacándose en este proceso la interrogante principal, cuya respuesta dio inicio a la presente investigación, ¿Cómo se origina una explotación del material rocoso para su implementación como material ornamental?, resulta que para que esta cadena productiva tenga lugar, debe existir o debe darse previamente una exploración geológica-minera, que contenga además una evaluación (una vez hallado un cuerpo rocoso dónde converjan ciertas condiciones como fácil o relativamente fácil acceso y extracción, y que apreciativamente pueda calificarse como “de interés”).

Se procede entonces a evaluar el cuerpo rocoso, su comportamiento geomecánico, sus características petrográficas, su volumen máximo aprovechable y todas aquellas características que avalen su aptitud o competencia para una explotación como recurso mineral no metálico (además de un estudio de factibilidad económica del proyecto de explotación, pero este tema no es abordado en esta investigación).

Partiendo de estos análisis se inició la presente investigación la cual consistió en la evaluación del material rocoso del cual están constituidos los Cerros Laja I y Laja II del sector Palma Sola en el municipio Heres del estado Bolívar, con la

finalidad de determinar las propiedades geomecánicas y petromineralógicas de estos afloramientos rocosos, para su implementación como material ornamental y una vez logrado esto, estimar el volumen de roca, en porcentaje máximo aprovechable de dicho recurso.

Una vez plasmado el objetivo general surgieron cada uno de los objetivos específicos, los cuales comprendieron desde la toma de muestras, la realización de ensayos geomecánicos, los análisis macroscópicos y los análisis petrográficos hasta la totalización del volumen explotable del material rocoso, contando con las limitaciones correspondientes de una evaluación realizada con recursos propios.

Este tipo de investigaciones y exploraciones se ha venido desarrollando en el estado desde hace algunos años, intensificándose en la última década, por representar una forma de expansión de las fuentes de ingreso de nuestro país Venezuela, ante la situación económica actual.

Los resultados de esta evaluación, se traducirán en información valiosa para la generación de fuentes de empleo directo e indirecto que representan el crecimiento económico de la región, además de ser una puerta abierta para futuras evaluaciones más profundas en función de detectar posibles reservas de este recurso mineral no metálico.

# CAPÍTULO I

## SITUACIÓN A INVESTIGAR

### 1.1 Situación objeto de estudio

Mundialmente, la economía de los países productores y comercializadores de petróleo se ha visto afectada por el descenso y la lenta recuperación de los precios de este recurso natural no renovable.

Por ser Venezuela parte de este grupo de países y siendo ésta nuestra principal fuente de ingresos, ha surgido la necesidad de expandir nuestra economía, a través de la explotación y comercialización de otros recursos minerales, metálicos y no metálicos.

Actualmente, son muchos los países que consideran estos recursos minerales, de gran importancia (aún, con menos reservas que las de Venezuela). Aunque esto último no es el caso de Brasil, éste país es un ejemplo en la explotación de rocas ornamentales, que Venezuela debería seguir (Gómez, M. 2007).

En Venezuela, todas las provincias geológicas de: Imataca, Cuchivero y Amazonas; cuentan con inmensas riquezas de rocas ornamentales, en muchos casos de indescriptible belleza y excelente calidad. Cabe también mencionar que la Provincia Geológica de Pastora, es poseedora de esquistos, pizarras, migmatitas, gneises graníticos y granitos de excepcional belleza (Gómez, M. 2007).

Siendo el estado Bolívar la principal región del país poseedora de dichos recursos; por tal motivo es necesario identificar y evaluar los recursos existentes en esta zona, a fin de conocer las potencialidades de la región, las cuales están siendo

desestimadas. Como es el caso del sector Palma Sola, donde actualmente las rocas se explotan como material de construcción, dejando de lado el mercado de las rocas ornamentales. Esto ha generado una inquietud que con el presente estudio pretendemos abordar, al desarrollar una exploración geológica de superficie, con ensayos geomecánicos, además de reconocimiento petromineralógico que permitan identificar así las propiedades y características para rocas ornamentales presentes en las rocas de los Cerros Principal o Laja 1, Laja 2 y zonas aledañas del sector Palma Sola considerando la elaboración de mapas geológicos, topográficos y de afloramientos rocosos con ubicación de muestras; respectivamente. La extensión areal de la zona de estudio es de aproximadamente unas 100 hectáreas (1 Km<sup>2</sup>) y se pretende llegar a una estimación de reservas del mencionado recurso en el citado sector.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Evaluar las propiedades petromineralógicas y geomecánicas, con fines ornamentales, de las rocas plutónicas de los Cerros Laja I y II del sector Palma Sola, Municipio Heres, Estado Bolívar.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Designar la nomenclatura de las rocas plutónicas, en base a la composición mineralógica; mediante el análisis petrográfico de secciones finas.

2. Determinar las propiedades geomecánicas, con fines ornamentales, de muestras representativas de roca fresca provenientes de los afloramientos Laja I y Laja II.

3. Definir el potencial de las rocas plutónicas presentes como rocas ornamentales, en función del color y la descripción macroscópica de las muestras.
4. Elaborar el mapa geológico de la zona de estudio de los Cerros Laja I y II.
5. Estimar reservas y áreas de afloramientos rocosos de interés económico.

### **1.3 Justificación de la investigación**

Al desarrollarse un plan exploratorio que cubra toda el área de los Cerros Laja I, Laja II y zonas aledañas en el sector Palma Sola; así como también un estudio de estimación de reservas de material rocoso, cuya finalidad sea clasificar los afloramientos presentes; en base a sus características físico-naturales, geomecánicas, litológicas, mineralógicas, etc., se obtendrá información valiosa desde el punto de vista geológico-minero, así como también aportará información de la calidad y cantidad de roca ornamental granítica presente en esta área, ya que en el estado Bolívar, tales estudios son necesarios para identificar y cuantificar este recurso natural no-metálico, debido a que los estudios realizados en este sentido son escasos y la información existente es muy localizada y en algunos casos, es confidencial (perteneciente a empresas privadas).

Todo esto permite crear las bases fundamentales para la toma de decisiones, basadas en los resultados de los estudios geoexploratorios realizados, en cuanto a las inversiones requeridas para la explotación y aprovechamiento de estos recursos naturales (rocas plutónicas), sin dejar de mencionar el hecho de que las fuentes de empleo generadas por la explotación de este tipo de recurso en el sector podrían incrementarse, tanto empleos directos como indirectos, con lo cual se beneficia el estado venezolano y la comunidad en general.

#### **1.4 Alcance de la investigación**

Este trabajo de investigación pretende; por medio de la información geológica recolectada en el sitio, además de la información geomecánica y petromineralógica que se obtuvo de la zona; ser una herramienta que permita reducir el grado de incertidumbre en cuanto al potencial como recurso no metálico explotable, con fines ornamentales, que poseen las rocas plutónicas de los Cerros Laja I, Laja II y zonas aledañas a estos, en el sector Palma Sola. Para lograrlo se desarrolló una exploración geológica de superficie, además de ensayos y análisis aplicados a muestras de roca fresca, representativas de los afloramientos rocosos, al mismo tiempo se estimó el volumen máximo aprovechable de material rocoso existente, en los cerros ya mencionados.

#### **1.5 Limitaciones de la investigación**

1. Los costos elevados por concepto de análisis, son hasta cierto punto limitantes, ya que esta investigación se realizó con recursos propios.

2. Los terrenos en los cuales se realizó la investigación son privados, y en ocasiones, conseguir los permisos de los dueños para acceder al lugar es bastante problemático.

3. Los equipos del Laboratorio de Suelos de la Escuela de Ciencias de la Tierra, están dañados, y el laboratorio no está en condiciones para realizar los ensayos por lo tanto se presentó la necesidad de realizar ensayos en laboratorios privados.

4. La toma de muestras no se realizó a mayor profundidad que 60 cm, ya que no se contó con el equipo necesario para perforar a mayor profundidad en roca dura.

## CAPÍTULO II

### GENERALIDADES

#### 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El área de estudio pertenece a la Provincia de Imataca y se encuentra ubicada en el kilómetro 37 de la carretera vieja Ciudad Bolívar–Puerto Ordaz, en la jurisdicción del municipio Heres del estado Bolívar, Venezuela, específicamente en el sector Palma Sola, entre las coordenadas N 475000; E 893000 y N 474000; E 892000, ocupando una superficie aproximada de 100 hectáreas (1 Km<sup>2</sup>) (Figura 2.1).

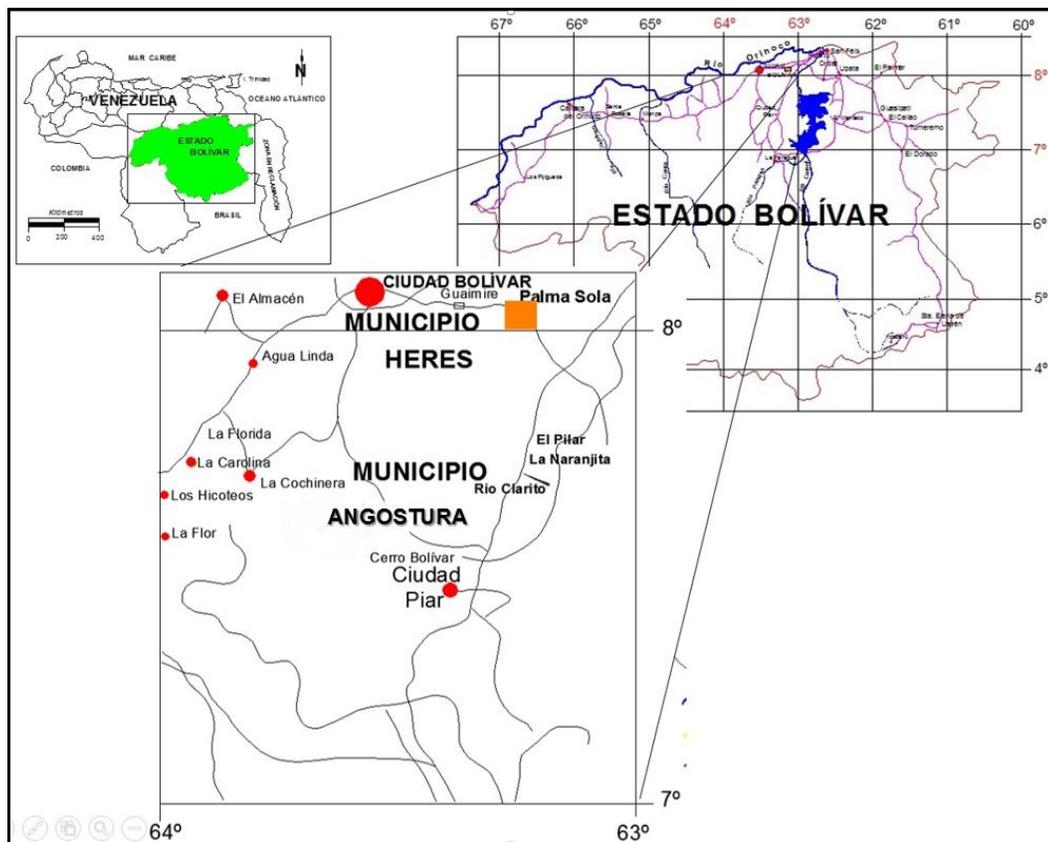


Figura 2.1 Ubicación relativa de la zona de estudio (Cartografía Nacional)

## 2.2 Accesibilidad

Por tierra, el acceso al área de interés se realiza a través de la carretera asfaltada que comunica Ciudad Bolívar con Puerto Ordaz, Troncal 19 (carretera vieja), el yacimiento granítico se encuentra aproximadamente a 500 metros de la vía nacional. El desplazamiento dentro de la zona de estudio es posible utilizando vehículo de doble tracción. No se cuenta con vías secundarias de acceso hacia el Yacimiento (Figura 2.2 y Figura 2.3).



Figura 2.2 Imagen satelital Cerros Laja I, II y zonas aledañas (Google Earth, 2017)



Figura 2.3 Entrada de la zona de estudio

## 2.3 Características físico-naturales del área de estudio

### 2.3.1 Geomorfología

La geomorfología presente en la zona de estudio delimitada, correspondiente a 100 hectáreas (1 Km<sup>2</sup>) está representada mayormente por los lomeríos no estructurales constituidos por granitos, gneises graníticos, anfibolitas, granulitas y gabros. Los tipos de relieve que los caracterizan son lomas, domos, glacis coluviales y vegas. Son a su vez, paisajes de los más ubicuos, aunque se encuentra con mayor predominancia y continuidad espacial al suroeste (NB-20-2), sector de mayor potencial morfodinámico y el menos afectado por la intervención antrópica (Fernández y Hurtado, 2004 en Fuentes y Griffit, 2010).

También existen lomeríos de carácter estructural que son aquellos cuyo origen tiene estrecha relación con los factores endógenos de la corteza terrestre, en este caso las rocas que conforman estos paisajes son: cuarcitas ferruginosas, diabasas y gabros.

Los tipos de relieve que definen estas unidades son fundamentalmente: lomas, filas, diques, glacis coluviales y vegas. Los desniveles pueden variar entre 10 m y 250 m, con pendientes de 16% hasta 60%, que localmente pueden ser superiores (Figura

2.4). En la superficie se han desarrollado suelos muy evolucionados (Ultisoles), asociados a afloramientos rocosos (Fernández y Hurtado, 2004 en Fuentes y Griffit, 2010).



Figura 2.4 Paisajes de lomerío en la zona de estudio

### 2.3.2 Hidrografía y drenaje

El Sector Palma Sola, desde el punto de vista hidrográfico, se encuentra contenido en la cuenca del río Orocopiche que es un río tributario del río Orinoco. El drenaje principal de régimen permanente es de tipo dendrítico y está representado por los ríos Currucal que describe un rumbo Noreste, y Guaimire que describe un rumbo Noroeste.

El drenaje de régimen intermitente describe también un patrón dendrítico, conformado por quebradas y morichales tributarios de los ríos principales. Los cuales serían los siguientes: tributarios del río Currucal; morichal de Carlo Luca, quebrada Barrialón y quebrada Panapana. Tributario del río Guaimire; la quebrada San Juan, además de una laguna cercana al Cerro Laja I.

La hidrología presente en la zona de estudio y anteriormente descrita, se muestra en la Figura 2.5.

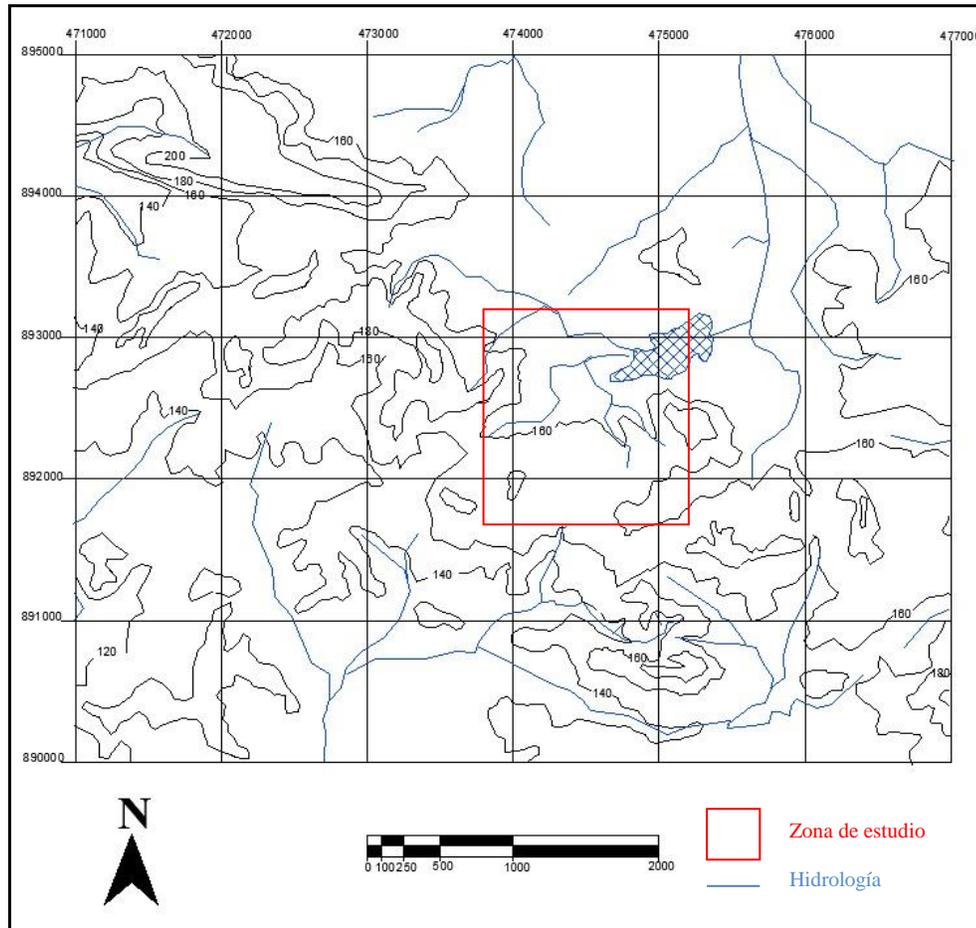


Figura 2.5 Hidrografía presente en el Sector Palma Sola (Auto CAD, 2012)

### 2.3.3 Clima

El clima reinante en el área de estudio es de tipo subtropical húmedo, que se divide en: estación lluviosa larga que se extiende desde el mes de Mayo hasta Octubre, estación lluviosa corta que comprende desde Noviembre hasta Diciembre y una estación seca que se extiende desde el mes de Enero hasta Abril (C.V.G. TECMIN, 1991).

Se tomaron como referencia los datos más recientes del área sobre los parámetros del clima, precipitación, evaporación, temperatura y humedad, de los

datos registrados por la estación meteorológica de Ciudad Bolívar (Estación 804440, tipo “S”, ubicada a los 8° 7' 00" de latitud Norte y 63° 31' 40" de longitud Este) para el período 1994-2007 (Tabla 2.1) (INAMEH, 2017).

Tabla 2.1 Promedios anuales de los parámetros del clima registrados en el período 1994 - 2007 (INAMEH, 2017)

<b>AÑO</b>	<b>HUMEDAD</b>	<b>INSOLACION</b>	<b>PRECIPITACION</b>	<b>RADIACIÓN</b>	<b>TEMPERATURA</b>
1994	75,1	7,4	1022,0	16,0	27,5
1995	76,2	7,2	983,0	16,2	27,7
1996	79,5	7,5	820,7	16,3	27,3
1997	78,1	7,5	931,0	17,3	27,5
1998	76,8	7,4	1326,0	17,7	28,2
1999	79,8	7,2	1636,0	15,6	27,1
2000	80,0	7,3	1166,2	15,4	26,9
2001	78,4	7,8	827,2	13,4	27,7
2002	80,9	7,5	634,8	12,9	27,8
2003	79,5	7,6	817,6	16,6	28,0
2004	80,6	7,7	807,1	19,1	27,9
2005	79,9	7,4	964,4	19,4	28,4
2006	78,4	7,8	1174,5	18,5	28,1
2007	80,3	7,6	149,0	18,7	27,7
<b>Unidad de medida:</b>	<b>% de Humedad media</b>	<b>Horas media</b>	<b>mm</b>	<b>Luz/Día media</b>	<b>°C</b>

### 2.3.2.1 Precipitación

Suceden dos períodos estacionales propios del área que son: una estación lluviosa cuyo período de lluvia inicia en el mes de Mayo y termina en el mes de Noviembre, en donde los meses de mayor precipitación se encuentra de Junio a Agosto con una lluvia entre (170,07 – 149,90) mm y una estación de sequía con una precipitación mínima de 16,19 mm para el mes de Febrero y una máxima de 31,62 mm para el mes de Abril, datos tomados de la estación de Ciudad Bolívar por ser la más cercana al sitio de estudio, estos datos se muestran a continuación (Tabla 2.2 y Figura 2.6) (INAMEH, 2017).

Tabla 2.2 Datos climatológicos (precipitación) del área de Ciudad Bolívar período 1994 - 2007. \*Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa. (INAMEH, 2017)

precipitación (mm)	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Media
	1994 2007		31,61	16,19	16,69	24,43	106,21	170,07	184,48	149,90	89,21	59,45	59,98	31,62

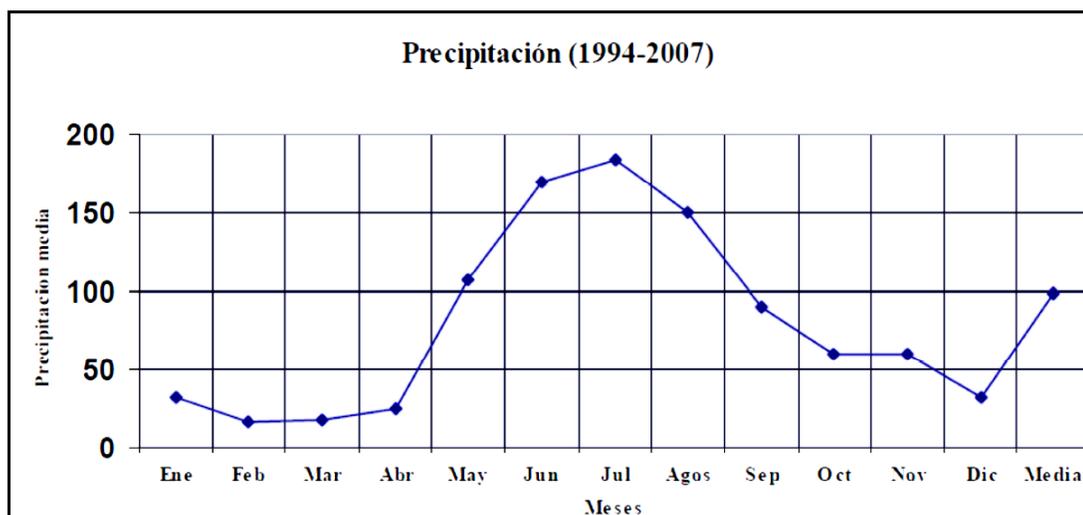


Figura 2.6 Distribución temporal de la precipitación media mensual (mm) durante el período climático 1994-2007 (INAMEH, 2017).

### 2.3.2.2 Evaporación

La evaporación total media de la zona durante el período 1994-2007 fue de 103,72 mm; presentándose la máxima evaporación entre los meses Febrero y Abril y la mínima evaporación entre los meses Junio y Septiembre. Estos datos se muestran a continuación en la Tabla 2.3 y la Figura 2.7 (INAMEH, 2017).

Tabla 2.3 Datos climatológicos (evaporación) del área de Ciudad Bolívar período 1994 - 2007. \*Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa (INAMEH, 2017).

Evaporación Total (mm)	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Media
	1994-2007		133,16	141,59	147,52	139,36	107,61	73,64	72,80	79,05	92,79	104,90	94,27	112,05

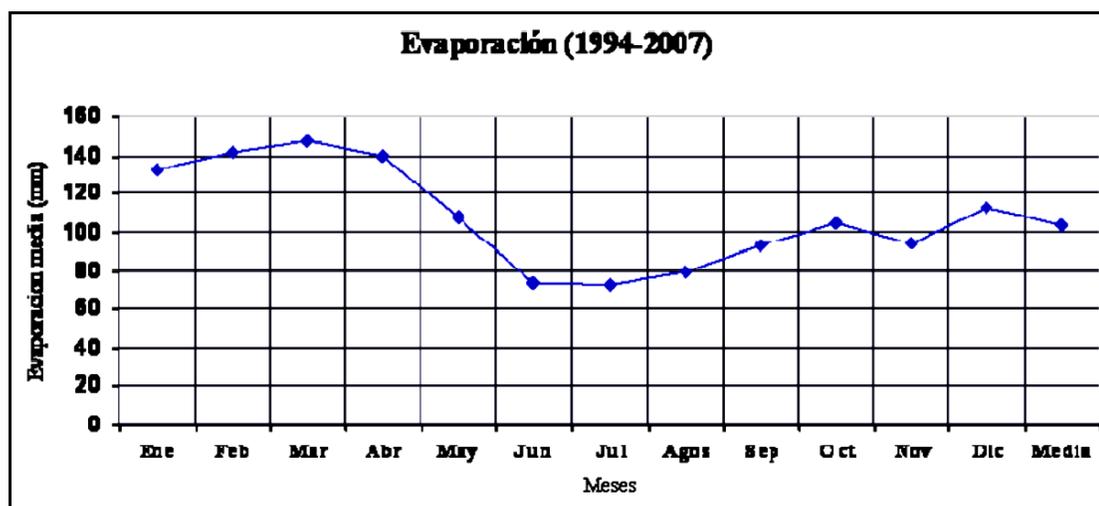


Figura 2.7 Distribución temporal de la precipitación media mensual (mm) durante el período climático 1994-2007 (INAMEH, 2017).

### 2.3.2.3 Temperatura media anual

La temperatura media anual es de 27,08 ° C para el período 1994-2007, las máximas temperaturas se presentan en el mes de Mayo con 28,51 ° C, y las mínimas en el mes de Enero con 24,95° C, estos datos se muestran a continuación en la Tabla 2.4 y la Figura 2.8 (INAMEH, 2017).

Tabla 2.4 Datos climatológicos (temperatura) del área de Ciudad Bolívar período 1994 - 2007. \*Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa. (INAMEH, 2017).

Temperatura (°C)	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Media
	1994-2007		24,95	25,28	28,26	27,06	28,51	27,19	26,98	27,38	27,98	28,24	25,58	25,02

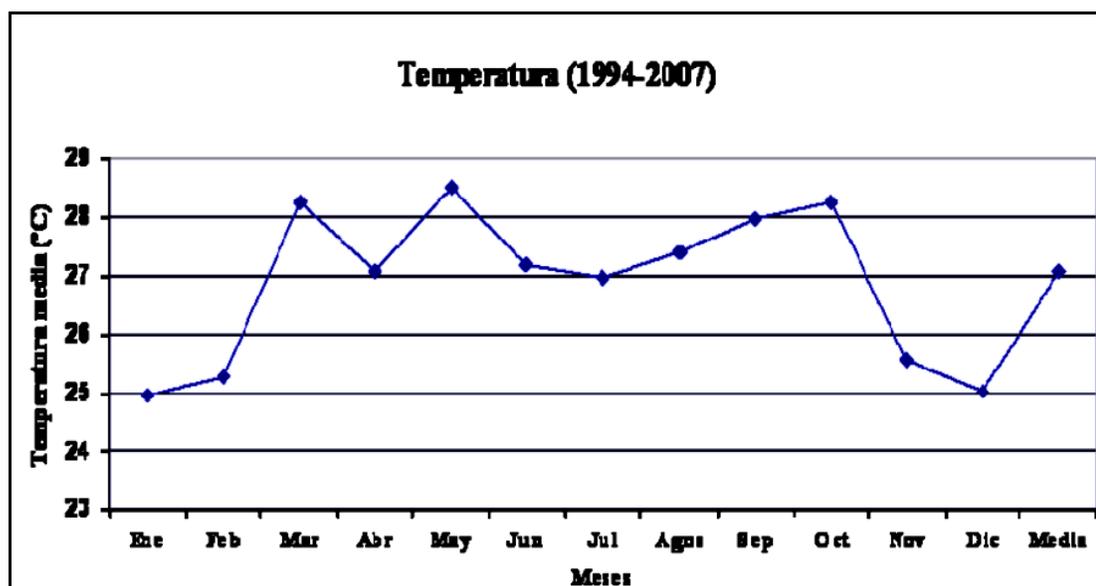


Figura 2.8 Distribución temporal de la temperatura media mensual (°C) durante el período climático 1994-2007 (INAMEH, 2017).

#### 2.3.2.4 Humedad relativa media

La humedad relativa media anual para el período 1994-2007 se registró en 70,85 %, siendo la máxima de 84,71 % para el mes de Julio y la mínima en el mes de Febrero con 69,64%, esto se muestra en la Tabla 2.5 y la Figura 2.9 (INAMEH, 2017).

Tabla 2.5 Datos climatológicos (humedad relativa) del área de Ciudad Bolívar período 1994 - 2007. \*Presión al nivel medio del mar, sumar 1000 hPa (INAMEH, 2017).

Humedad Relativa Media (%)	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Media
	1994	72,14	69,64	71,64	71,64	76,86	83,36	84,71	80,93	80,08	79,00	74,77	74,54	70,85

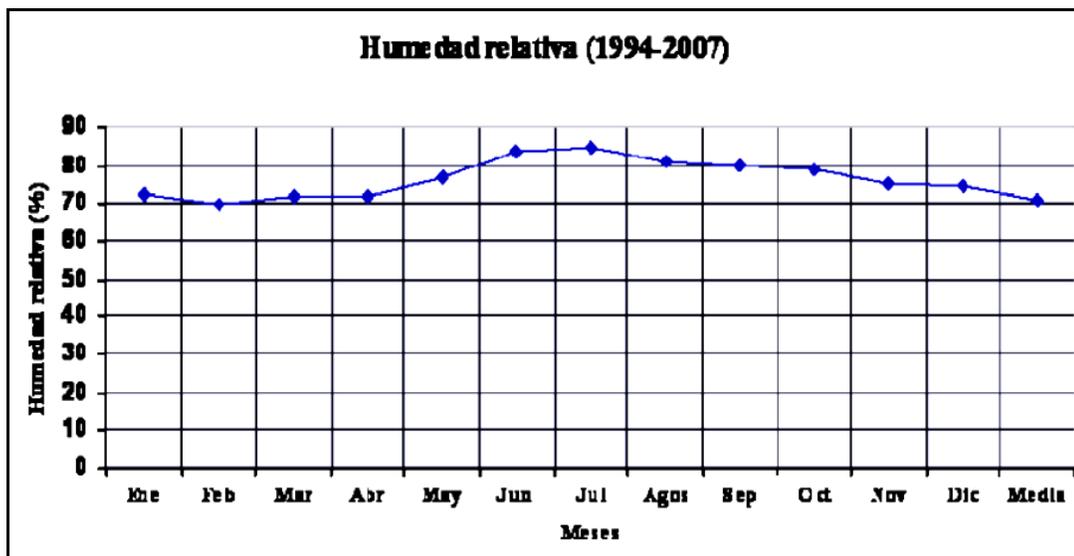


Figura 2.9 Distribución temporal de la humedad relativa (%) durante el período climático 1994-2007 (INAMEH, 2017).

### 2.3.4 Vegetación

La zona de estudio posee una arborescencia típica del suelo sabanero. El área se caracteriza por presentar una vegetación con comunidades desiduas a semidesiduas, asociadas a condiciones de drenaje excesivo, que se traduce en una muy baja

disponibilidad de agua para las plantas. La vegetación presente en el área de estudio es típica de sabana, y prevalecen dos tipos, como se describen a continuación.

#### 2.3.4.1 Vegetación de sabana con chaparro

La vegetación con chaparro se caracteriza principalmente por dos tipos de vegetación: la vegetación herbácea, que está constituida por una cobertura graminiforme de baja altura, entre la cual las especies más abundantes son la paja peluda (*Trachypogon plumosus*), escobilla (*Ecoparia dulcis*), dormidera (*Mimosa dorens*), etc. y la vegetación arbustiva que está conformada por árboles de 2 a 4 metros de altura (TECMIN, op. cit.). Entre la vegetación arbustiva se mencionan el chaparro (*Curatella 22 22 americana*), chaparro manteco (*Bowdichia virgilioides*), mandinga (*Roupals complicata*), y en proporción menor el mango (*Mangifera indica*), etc. (Figura 2.10) (C.V.G. TECMIN, 1991).



Figura 2.10 Vegetación herbácea-arbustiva presente en la zona de estudio

#### 2.3.4.2 Vegetación de bosques de galería

A lo largo de las zonas húmedas, específicamente en los márgenes de los ríos, se presentan una cobertura vegetal; arborescencia de tipo selvático, denominada “Bosque de Galería”. (C.V.G. TECMIN, 1991). El bosque es de cobertura media a alta, siendo las especies que lo caracterizan *Randia espinosa*, *R. nítida*, *Cupania*

scrobiculata, *Erytroxylum* cf. *Raimondi*, *Psidium* *guanensis*, *Olyra* *ciliatifolia*, *Senna* cf. *Multijuga*, *Amaioua* sp., *Guapira* *ferruginea*, *C. Sylvestris*, *Genipa* *americana*, *Calliandra* sp., *Pereskia* sp., *Cortón* sp., *Bromelia* sp. y *Astronium* *leontii*. Las especies arbóreas más importantes son la *Copaifera* *officinalis* (Aceite), *Cochlospermum* *orinocense*, *Tapirira* *guianensis* (Patillo), *Mauritia* *flexuosa* (Moriche), *Xylopia* *aromática* (Fruta de burro), *Protium* sp. 23 23 (Tacamajaca), *Jacaranda* *obtusifolia* (San José), *Vitex* *compressa* (Totumillo), *Lonchocarpus* sp. (Mahomo), *Myriosepermum* *frutescens* (Cereipo), *Spondias* *monbin* (Jobo), *Casearia* sp. (Punternal) y *Caesalpinia* *corianía* (Dividive) (Figura 2.11) (Orsetti y Romero, 2005).



Figura 2.11 Bosques de galería presentes en la zona de estudio

### 2.3.5 Fauna local

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 poco variada, es decir, estar conformada por individuos que exhiben comportamientos migratorios o con capacidad de adaptación al medio existente como se puede observar en las tablas 2.6, 2.7 y 2.8 (C.V.G. TECMIN, 1991).

La mayoría de especies presente en el área se encuentran ampliamente distribuidas en el resto de la región Guayana y en condiciones de adaptación y desarrollo heterogéneo. De acuerdo a lo expuesto anteriormente, en el área de estudio se obtuvieron reportes, de la fauna presente tales como:

Tabla 2.6 Mamíferos (C.V.G. TECMIN, 1991).

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
Conejo de monte	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>
Oso hormiguero	<i>Tamandúa tetradactyla</i>
Conejo sabanero	<i>Sylvilagus floridanus</i>
Acure	<i>Dasyprocta agouti</i>
Murciélago narigudo	<i>Rynchonycteris naso</i>
Cachicamo	<i>Dasyus kappleri</i>
Lapa	<i>Agouti paca</i>
Rabipelado	<i>Didelphys marsupialis</i>
Murciélago orejudo	<i>Micronycteris magolatis</i>

Tabla 2.7 Aves (C.V.G. TECMIN, 1991).

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
Gavilán primito	<i>Falco sporvendes</i>
Gavilán habado	<i>Buteo magnirostris</i>
Zamuro	<i>Coragups atratos</i>
Algaraban	<i>Vanellus chilensis</i>
Perico cara sucia	<i>Aratinga pertinax</i>
Garrapatero	<i>Crotophoga ani</i>
Caricare	<i>Polyborus plancus</i>

Tabla 2.8 Reptiles (C.V.G. TECMIN, 1991).

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
Iguana	<i>Iguana iguana</i>
Ratoncita	<i>Cielia cielia</i>
Cascabel	<i>Crotalus durissus</i>
Rana	<i>Leoptodactylus wagneneri</i>
Morrocoy	<i>Geochelone denticulada</i>
Algarrabo	<i>Goriatodes humeralis</i>
Lagartija	<i>Goriatodes humeralis</i>
Mato	<i>Ameiva ameiva</i>

### 2.3.6 Suelos

En la zona de estudio la cobertura del suelo es mayormente areno-arcilloso rojizo a moteado y arenosos de color marrón claro, y a mayor profundidad son de colores amarillentos, grises y blancos. Los suelos que se han desarrollado en esta zona son producto de la sedimentación fluvio-deltaica que ocurrió durante el pleistoceno. En menor proporción se observan suelos residuales de color rojizo de aspecto arcillo-arenosos que comúnmente rodean a los cuerpos Graníticos más meteorizados. Los principales suelos, de acuerdo a la Taxonomía de Suelos Norteamericanos (Soil Survey Staff, 1992 citada en C.V.G. TECMIN, 1991) son los Ultisoles que pertenecen al Orden Ultisol, específicamente a los Sub – Grupos Arenic y Grossarenic Kandiusults (suelos arcillosos y ácidos con bajo contenido de bases intercambiables, por lo que su fertilidad y permeabilidad es escasa), asociados a afloramientos rocosos, lo que va a sustentar una vegetación herbácea o arbustiva (C.V.G. TECMIN, 1991). Estos suelos se desarrollan desde muy superficiales (menos de 10 cm.), hasta niveles un poco más profundos (1,5 metros). Poseen horizontes A (3–40 cm.) cuyos colores en húmedos varían desde negro y marrón grisáceo muy

oscuro hasta marrón amarillento; este horizonte, generalmente, suprayace los estratos rocosos o al horizonte C, el cual ocurre a profundidades variables (4–50 cm.) con colores que varían desde marrón a amarillo (Figura 2.12).



Figura 2.12 Suelo presente en el área de estudio, Ultisol.

## 2.4 Geología regional

Los trabajos que se tomaron como referencia para la geología regional, fueron los de Vicente Mendoza en el 2000, 2005 y 2012, además de González de Juana en 1980.

Según Mendoza, V. 2000, el Municipio Heres, se encuentra enmarcado en el Escudo de Guayana por tres (3) formaciones geológicas caracterizadas por presentar litologías y edades distintas, siendo las siguientes; El Complejo de Imataca de edad Precámbrica, constituido por un basamento Ígneo Metamórfico; la Formación Mesa presente hacia los márgenes norte y sur del río Orinoco, constituido fundamentalmente por sedimentos del periodo Cuaternario, específicamente del Plio-Pleistoceno, y por último los sedimentos aluviales pertenecientes al periodo Reciente (Figura 2.13).

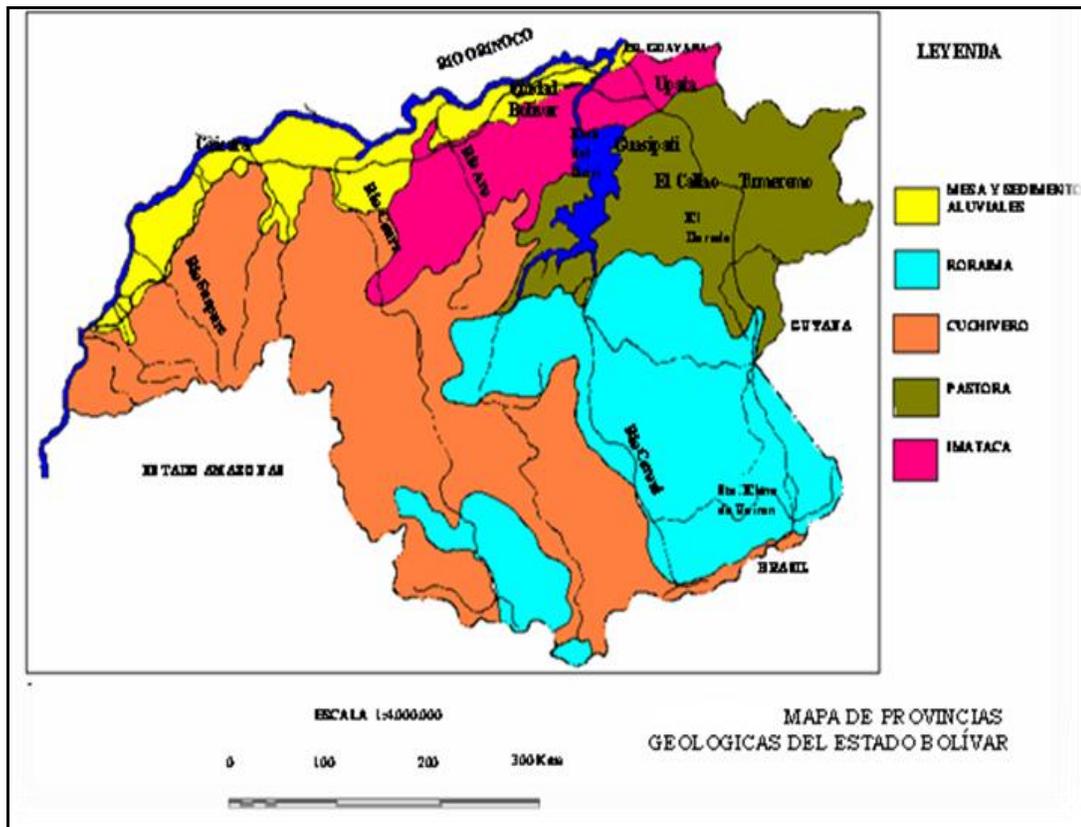


Figura 2.13 Mapa de provincias geológicas del estado Bolívar (Mendoza, V. 2012)

#### 2.4.1 Provincia geológica de Imataca

La Provincia de Imataca se extiende en dirección NE desde el río Caura hasta el Delta del Orinoco por unos 550 Km., y en dirección NS aflora desde el curso del río Orinoco hasta la falla de Guri, por unos 80 Km. de ancho.

Litológicamente la Provincia de Imataca está 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 (BIF), dolomitas, charnockitas, anortositas y granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales de menos metamorfizados y más jóvenes CRV-TTG gnéisicos (Mendoza, V. 2000).

Estas rocas representan la porción más antigua conocida en la parte norte del escudo de Guayana y se les asigna una edad estimada en 3500-3600 m.a. (por Rb/Sr y U/Pb), que puede corresponder con la edad de las rocas originales previas al metamorfismo (Mendoza, V. 2005).

En la zona de estudio la composición de las rocas aflorantes consistía de granulitas félsicas, con abundantes franjas de granate (Figura 2.14), indicativo de metamorfismo de grado alto, además de la presencia de diques de anfibolita (Figura 2.15).



Figura 2.14 Granulitas félsicas presentes en la zona de estudio



Figura 2.15 Diques de anfibolita presentes en las rocas de la zona de estudio

#### **2.4.1.1 Complejo de Imataca**

El término Complejo de Imataca fue propuesto por Chase, R. L. (1965) en vista de lo complejo de la estructura y la superposición de eventos metamórficos e ígneos que impiden una determinación inequívoca de la sucesión de las formaciones en conjunto.

Según Kalliokoski, J. (1965) en González de Juana y otros (1980), define al Complejo de Imataca como una secuencia de rocas meta-sedimentarias e ígneas completamente plegadas que forma la faja sur del río Orinoco, desde cerca del río Caura al oeste, hasta el Delta del Orinoco al este, y se forma la Sierra de Imataca. La característica que distingue al Complejo de Imataca de los demás terrenos metamórficos al sur y al este, es la oblicuidad de “formaciones de hierro” intercalados con gneises metamórficos de alto grado. El grado de metamorfismo varía

desde la anfibolita hasta el de la granulita. Estas rocas han sido plegadas, inyectadas por material granítico y parcialmente asimiladas, migmatizadas durante el evento tectotermal de alrededor de 2.800 m.a. y posteriormente afectadas por la Orogénesis Transamazónica de alrededor de 2.100 m.a, durante la cual se produjeron intrusiones graníticas.

La idea más común considera a la roca del Complejo de Imataca como un conjunto original de rocas silíceas de composición calco-alcalina, con algunos episodios máficos y asociaciones menores de sedimentarias e itabiritas o “formaciones de hierro” (González de Juana y otros, 1980).

Los procesos de meteorización de las rocas de este Complejo han dado origen a suelos rojos sobre el sustrato anfibolítico, arenas blancas a rosadas sobre granitos y gneises leucocráticos; suelos marrones donde se depositan las sales húmicas y ferríferas mezcladas; arcillas residuales en las zonas de saturación permanente y suelos azules o rojos, según el predominio de sales de hierro o materia orgánica, respectivamente (González de Juana y otros, 1980).

#### **2.4.2 Formación Mesa**

Se extiende por los Llanos Centro Orientales y Occidentales (estados Guárico, Anzoátegui, Monagas), sin embargo, se encuentran algunos afloramientos en los estados Sucre y Bolívar (inmediatamente al sur del río Orinoco). Litológicamente consiste de arenas algunas de grano grueso con gravas, de color blanco a gris, amarillento, rojo y púrpura, algunas cementadas con cementos ferruginoso, muy duras, con estratificación cruzada; conglomerados de color rojo a casi negro, algunos con elementos de tamaño grande aproximadamente 15 cm. de diámetro, en una matriz arcillo-arenosa de color gris claro a amarillo (Mendoza, V. 2005).

Los sedimentos de la Formación Mesa gradan de norte a sur de más grueso a más fino al alejarse de las cadenas montañosas del norte. Desde la parte central de Monagas al Macizo de Guayana, gradan de más fino a más grueso. Su espesor es muy variable, pero en términos generales disminuye de norte a sur como consecuencia del cambio en la sedimentación fluvial y deltaica y aumenta de este a oeste por el avance de los sedimentos deltaicos (Mendoza, V. 2005).

Su espesor máximo puede llegar a alcanzar los 275 m, mientras que en el estado Bolívar llega a los 80 m o más. En el Estado Bolívar la Formación Mesa suprayace en posición discordante a las rocas del Complejo Imataca. En esta se han encontrado fósiles de agua dulce asociados con arcillas ligníticas y restos de madera silicificada (xilópalo y sílex xiloideo), y se ha postulado una edad del Pleistoceno (Mendoza, V. 2005).

### **2.4.3 Sedimentos del Reciente**

Estos sedimentos están formados por los materiales provenientes de la disgregación mecánica de las rocas del Complejo de Imataca y de la Formación Mesa, los cuales fueron transportados y depositados por las aguas de escorrentía, el viento y los ríos de la zona (Fernández y Hurtado, 2004 en Fuentes y Griffit, 2010).

Los sedimentos recientes están constituidos por materiales aluviales, tales como materiales arenosos, limosos y arcillosos, dependiendo de la energía del ambiente donde se depositaron, ocupan parte del fondo de canal y una franja paralela a su curso en el río Orinoco. Estos sedimentos no forman tan sólo los aluviones del río Orinoco, sino que se mezclan con los transportados por sus afluentes y aguas de escorrentía que descienden de las áreas altas como producto de la erosión (Fernández. y Hurtado, 2004 en Fuentes y Griffit, 2010).

Los materiales incluyen cantos, gravas, limos, arcillas y partículas en suspensión que han sido depositados desde el holoceno hasta el reciente. Estos materiales son de color amarillento o blanco y con una granulometría variable (Gutiérrez y Pérez, 2001, en Fernández y Hurtado, op. cit.).

La Formación Mesa se extiende por el estado Anzoátegui, Monagas, Guárico y una parte al norte del estado Bolívar, como se observa en la Figura 2.16.

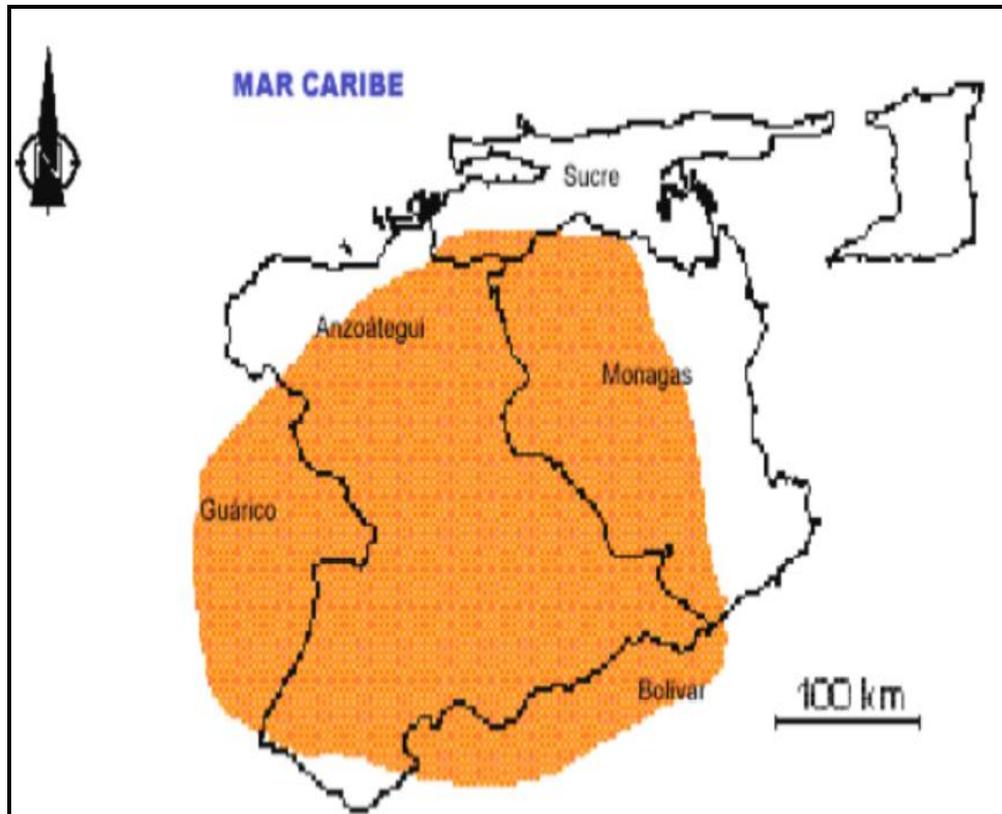


Figura 2.16 Extensión geográfica de la Formación Mesa (PDVSA-INTEVEP, 1997-2005)

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Antecedentes de la investigación**

Durante la recopilación bibliográfica no se encontraron investigaciones, ni trabajos de grado publicados que se hayan realizado específicamente en la zona de estudio (Cerros Laja I y II del Sector Palma Sola), pero si bien es cierto que desde hace algunos años se vienen realizando investigaciones en todo el estado Bolívar de este tipo, por estar constituido en su mayoría por rocas pertenecientes a los Complejos de Imataca y la Provincia de Cuchivero de gran interés en la minería no-metálica (uso ornamental y con fines de construcción), lo cual eleva el interés comercial tanto nacional como internacional, a continuación citamos algunos de estos trabajos que consideramos antecedentes de la investigación desarrollada:

Machado, C. (2010) realizó un trabajo de grado titulado **“ESTUDIO GEOLÓGICO Y EVALUACIÓN DEL YACIMIENTO GRANÍTICO UBICADO EN EL FUNDO CAPURIPIA, MUNICIPIO SUCRE, ESTADO BOLÍVAR”**; mediante el cual se determinó el potencial ornamental de estas rocas a través de análisis petrográficos y geomecánicos, coincidiendo además el relieve y clima observado, con el del presente estudio.

Hidalgo, I. y Moreno, J. (2010) realizaron un trabajo de grado titulado **“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMECÁNICA CON FINES ORNAMENTALES DE LAS ROCAS AFLORANTES EN LA SERRANIA EL OSO, UBICADA EN EL MUNICIPIO CEDEÑO, CAICARA DEL ORINOCO - ESTADO BOLÍVAR”**; en esta caracterización se emplearon las normas UNE, para la realización de los ensayos geomecánicos y los criterios de Deere y Miller para

clasificar, de acuerdo a los resultados obtenidos, la aptitud de las rocas para su uso ornamental, lo cual sirvió de guía para el procesamiento de los datos.

Gómez, M. (2007) realizó un trabajo de grado titulado “**GEOLOGIA DE SUPERFICIE, EVALUACIÓN GEOTÉCNICA Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE ROCAS PLUTÓNICAS CON FINES ORNAMENTALES, UBICADAS AL ESTE DEL SECTOR RÍO CLARITO, MUNICIPIO AUTÓNOMO RAÚL LEONI, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**” donde los estudios de laboratorio determinaron que las rocas de la zona Río Clarito- El Pilar, poseen características que las hacen sumamente atractivas para su uso en la industria como roca ornamental y agregado en la industria de la construcción. La metodología y el manejo de los datos, desarrollado en este trabajo de grado, sirvió como herramienta de guía para llevar a cabo la presente investigación.

Todos estos estudios fueron realizados desde el punto de vista geológico, estructural y geomecánico, con el fin de ampliar la información geológica ya existente sobre la Provincia de Imataca; así como las condiciones que presentan las rocas localizadas en estas áreas, ya que se ha demostrado que algunas de estas rocas o en su mayoría fueron y pueden seguir siendo usadas con fines ornamentales y de construcción tanto en el mercado nacional como internacional.

## **3.2 Fundamentos teóricos**

### **3.2.1 Rocas ígneas**

Son rocas cristalinas o vítreas que se forman a partir del enfriamiento y solidificación del magma, proceso que puede ocurrir debajo de la superficie terrestre o después de una erupción volcánica en la superficie. En cualquiera de las dos situaciones las rocas resultantes se denominan rocas ígneas. Las rocas ígneas se

componen de rocas intrusivas o plutónicas formadas a partir de un magma que se solidifica debajo de la superficie y rocas extrusivas o volcánicas formadas por el magma cuando sale a la superficie como lava (Méndez, J. 2006).

### **3.2.2 Clasificación de las rocas ígneas**

Las bases generales de la clasificación de las rocas ígneas se encuentran en la composición química, la mineralogía y la textura. En base a estos parámetros podemos obtener una gran información sobre el origen e historia de la roca, la cual de manera sencilla puede ser descrita en el campo y refinada con secciones finas.

Posteriormente una descripción detallada se obtiene con los análisis químicos e isotópicos. Generalmente una clasificación inicial se puede realizar en base al color de la roca (también indica una proporción relativa del contenido de sílice) y minerales ferromagnesianos (oscuros) y no ferromagnesianos (claros) (Méndez, J. 2006).

La mayor parte de las rocas ígneas contienen solamente unos cuantos minerales principales y una amplia variedad de minerales secundarios. En general, las rocas ígneas se pueden clasificar en base a los siguientes parámetros:

- a) Origen: intrusivo (plutónico) o extrusivo (volcánico).
- b) Tipo de textura principal: afanítica (volcánicas) o fanerítica (plutónicas).
- c) Color general de la roca.
- d) Composición química: componentes químicos mayoritarios y minoritarios, criterios de saturación de sílice, criterio de saturación de alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

e) Composición mineralógica: Clasificación I.U.G.S. (Streckeisen, 1972 en Méndez, 2006).

### **3.2.3 Análisis petrográfico**

Aborda la descripción física en términos visuales de las rocas, mediante la microscopía de luz polarizada (esencialmente con luz transmitida, aunque también reflejada, y en algunos casos microscopía electrónica). Estos estudios ofrecen una valiosa información relativa a la naturaleza de sus componentes (minerales), sus abundancias, formas, tamaños y relaciones espaciales, lo cual permite clasificar la roca y establecer ciertas condiciones cualitativas o semicuantitativas de formación, así como posibles procesos evolutivos (Castro, A. 1989).

### **3.2.4 Triángulo de Streckeisen (1972)**

Las clasificaciones de Streckeisen (1965), asumida por la I.U.G.S. como diagrama triangular para la clasificación consiste en un doble diagrama ternario realizado en base a cuatro variables (Castaño, S. 2006).

Los diagramas ternarios o triangulares son la representación gráfica de las posibles relaciones o combinaciones entre tres elementos. Indican la distribución de tres variables o componentes diferentes y consisten en la unión de tres diagramas binarios en los que las variables se repiten dos a dos (Castaño, 2006).

De acuerdo a la clasificación del I.U.G.S. para el predominio de minerales claros la roca se clasifica en base al porcentaje de minerales índice arrojado por los análisis petrográficos, divididos en cuatro constituyentes esenciales: cuarzo (Q), feldespatos alcalinos (A), plagioclasas (P) y feldespatoides (F). No se incluyen en este doble triángulo las rocas ultramáficas (Figura 3.1) (Méndez, J. 2006).

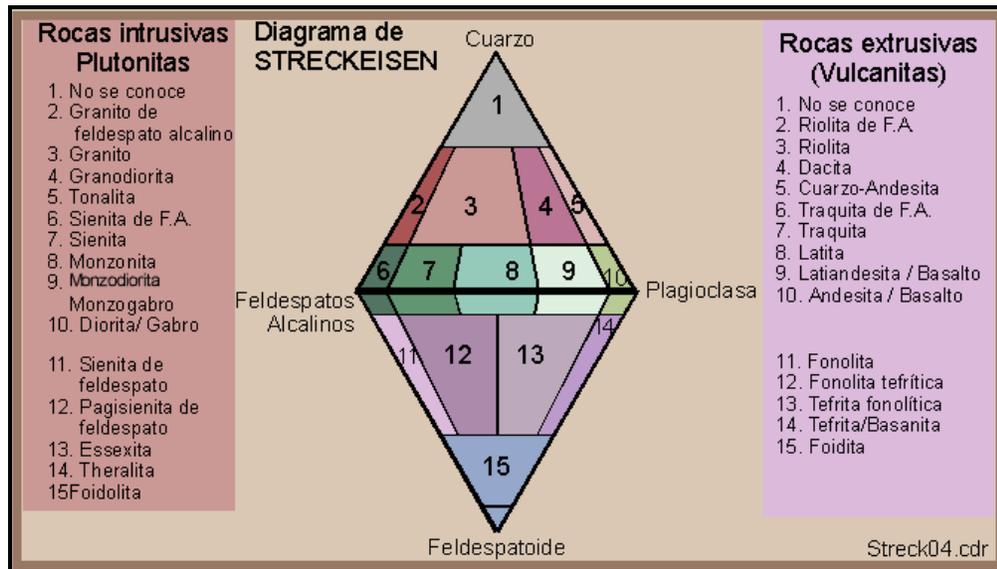


Figura 3.1 Diagrama de Streckeisen (Gómez, M. 2007).

### 3.2.5 Rocas ornamentales

Las rocas ornamentales se usan desde épocas muy antiguas: construcción de monumentos y palacios en la antigua Grecia, edificaciones que marcaron la época de oro del antiguo imperio romano, construcción de pirámides en Egipto, ciudades Mayas, en el antiguo México, Guatemala, en el imperio Azteca, Inca, cultura Olmeca, etc. En la actualidad su producción es una importante fuente de riqueza. Su adecuada elección y puesta en obra condiciona el resultado posterior (Gómez, M. 2007).

Se denomina piedra natural a toda roca que pueda obtenerse en bloques o piezas de cierto tamaño que permitan su utilización o comercialización, por lo que sus propiedades constructivas deben mantenerse constantes a lo largo de sus etapas de transformación. La piedra utilizada en la edificación se denomina roca de construcción. Si esta tiene un fin estético, suele hablarse de roca ornamental (Tabla 3.1) (Regueiro y González, 2008).

Tabla 3.1 Clasificación comercial y científica de las rocas ornamentales (Regueiro y González, 2008).

COMERCIAL		CIENTIFICA				
		composicional	Genética			
			Rocas ígneas		Rocas metamórficas	Rocas sedimentarias
		plutónicas	volcánicas			
GRANITO	Granito claro	Rocas silíceas	Granito		Gneis	
	Granito negro		Granodiorita			
	Basalto		Pegmatita			
PIZARRA			Gabro		Esquistos Filitas Pizarras	
			Monzonita			
			Tonalita			
MARMOL	Rocas verdes			Andesita		
	Mármoles		Rocas carbonatadas	Basalto		
	Calizas					
Calizas travertinos					Mármol	
Otras rocas	Arenisca	Otras rocas	Serpentinitas		Calizas Dolomías Arenisca Yeso	
	Alabastro		anfíbolitas			
	Pumita					
	Cuarcita					
			Ignimbritas			
			Tobas			
			Pumitas			
					Cuarcita	

### 3.2.6 Características geomecánicas de las rocas plutónicas con fines ornamentales

Permiten diferenciar una roca ornamental de las otras y su comportamiento, son las propiedades petrográficas y mecánicas, las que la definen y asignan a cada una la utilización o aplicación más adecuada dependiendo de sus características (Regueiro y González, 2008).

#### 3.2.6.1 Peso específico y coeficiente de absorción de agua (%)

Estas dos determinaciones se obtienen a partir de un mismo ensayo y entre ambas existe una relación inversa. Para un mismo tipo de roca, cuanto mayor sea el

peso específico aparente, menor es la porosidad y menor será el coeficiente de absorción de agua.

Cuando una roca absorbe más agua, sus minerales serán más susceptibles al ataque por la propia agua o por otros agentes químicos y, para el mismo tipo de roca, aquella que sea más porosa presentará valores más bajos de resistencia a esfuerzos mecánicos.

- Peso específico aparente: para obtenerlo se procede de la siguiente manera;

a) Las muestras de roca fresca son cortadas en forma cúbica dentro de un rango de medidas  $(7 \times 7 \times 7) \text{ cm}^3$ , según la norma UNE-NE- 22-174 (Apéndice A).

b) 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 siguiente:

$$V = A \cdot e \quad (3.1)$$

Dónde:

V = Volumen del cubo ( $\text{cm}^3$ )

A = área ( $\text{cm}^2$ )

e = espesor (cm)

c) A partir del volumen y el peso del cubo, se calcula la densidad de la roca.

$$D = \frac{m}{v} \quad (3.2)$$

Dónde:

D = densidad ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$m = \text{masa (g)}$

$v = \text{volumen (cm}^3\text{)}$

A mayor densidad mejor comportamiento mecánico pero más carga sobre anclajes, mayores problemas de transporte y colocación (Tabla 3.2) (Regueiro y González, 2008).

Tabla 3.2 Densidades aproximadas de algunas rocas (Regueiro y González, 2008).

<b>Roca</b>	<b>Densidad aproximada (g/cm<sup>3</sup>)</b>
Areniscas	2,0
granitos	2,6
mármoles	2,7
pizarras	2,8

- El coeficiente de absorción de agua: este coeficiente es de suma importancia cuando los materiales van a estar colocados a la intemperie, en contacto con agua o con la humedad del suelo, la norma U.N.E. 22-172 establece para su determinación, los siguientes pasos (Apéndice A);

a) 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.

b) Al enfriarse la muestra, se procede a pesarla en una balanza ( $W_{\text{seco}}$ ).

c) Esta muestra se introduce en un cilindro graduado con 2 litros de agua durante 48 horas.

d) 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-NE 22-174.

La fórmula para el cálculo de humedad o absorción de agua es la siguiente;

$$\% A = \frac{W_{i\text{agua}}}{W_{\text{seco}}} \quad (3.3)$$

Dónde:

$\% A$  = % absorción

$W_i$  agua = peso del agua absorbida =  $W_h - W_{\text{seco}}$  (g)

$W_{\text{seco}}$  = peso de la muestra seca (g)

A mayor absorción mayor susceptibilidad a la degradación. Las rocas óptimas y recomendadas para ser utilizadas en la construcción y ornamentación son las que presenten un porcentaje de absorción de agua entre 0 – 30% (Tabla 3.3).

Tabla 3.3 Clasificación de la roca de acuerdo a su porcentaje de Absorción de Agua (Deere y Miller, 1968)

<b>Clasificación</b>	<b>% Absorción</b>
Muy alta	70-100
Alta	50-70
Media	30-50
Baja	10-30
Muy baja	0-10

### 3.2.6.2 Resistencia al desgaste por rozamiento

De manera general, el valor de la resistencia al desgaste por abrasión hará que una roca sea más apropiada que otra, para su empleo en pavimentos que vayan a estar sometidos a tráfico intenso (Norma UNE 22-173) (Apéndice A).

A continuación se describe el procedimiento del Ensayo de Abrasión Los Ángeles (prueba de resistencia al desgaste- con máquina de abrasión tipo Los Ángeles (Figura 3.2):



Figura 3.2 Equipo para ensayo de Abrasión (Tipo A)

a) Se toma la muestra representativa, se lava y tritura a diferentes diámetros dependiendo de la granulometría.

b) Se utilizan tamices de diferentes diámetros ( $1-1\frac{1}{2}''$ ,  $1\frac{1}{2}'' - \frac{3}{4}$  y de  $\frac{3}{4} - \frac{3}{8}$ ), se pasa la muestra por los diferentes tamices reteniendo en cada uno de ellos 1.250 gramos aproximadamente.

c) Siendo la muestra de aproximadamente 5 kilogramos, se le aplica una carga abrasiva de 12 esferas de acero y se coloca en la máquina de abrasión Los Ángeles,

haciendo girar el cilindro a una velocidad comprendida de 30 a 33 rpm, hasta que la máquina realice 500 vueltas (aproximadamente unos 15 - 16 minutos).

d) Luego se descarga el material del cilindro y se procede a pesar la fracción del material que quedó retenida por el tamiz N° 12.

e) Obtenido ese peso se determina el Porcentaje de desgaste (Tabla 3.4) según la norma UNE-22-173 por medio de:

$$\varphi = \frac{(W_i - W_f)}{(W_i)} \times 100(\%) \quad (3.4)$$

Dónde:

$W_i$  = peso inicial (g)

$W_f$  = peso final (g)

$\varphi$  = Coeficiente de desgaste (%)

Tabla 3.4 Clasificación de la roca de acuerdo a su porcentaje de Desgaste (Deere y Miller, 1968)

<b>Clasificación</b>	<b>% de desgaste</b>
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 – 35%, ya que poseen alta resistencia al uso diario (Regueiro y González, 2008).

### **3.2.6.3 Resistencia a la compresión simple**

La norma UNE-NE 22-175 (Apéndice A), expresa que esta característica debe conocerse siempre y cuando la roca tenga que soportar cargas elevadas, durante el transporte, en su utilización, como para su almacenamiento. En general puede decirse que las rocas estratificadas resisten más cuando el esfuerzo se ejerce en dirección normal (perpendicular) a la estratificación que cuando se ejerce paralelamente. Esto es debido a la presencia de planos de debilidad ocasionado por la foliación o aserrado.

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

- a) Se corta la roca para obtener probetas de forma cúbica, con las dimensiones de 5 x 5 x 5 cm aproximadamente (también puede usarse 7 x 7x 7 cm)
- b) Se toman las dimensiones de la probeta de roca para obtener el valor del área promedio.
- c) Se coloca la probeta (cúbica) de roca en una prensa hidráulica, según la norma UNE-NE-22-175, y se le aplica una fuerza hasta lograr que el cubo se fracture.
- d) Se toma la lectura dada por la prensa, que no es más que el peso soportado por la muestra, expresado en libras (si es necesario, se hace la conversión a kg)

e) Los valores de la resistencia a la compresión (Tabla 3.5) se calculan mediante la fórmula:

$$C = \frac{E}{A} \quad (3.5)$$

Dónde:

C = compresión (Kg /cm<sup>2</sup>) =  $\sigma_c$

E = esfuerzo (Kg)

A = área promedio de la probeta (cm<sup>2</sup>)

Tabla 3.5 Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia a la Compresión Simple (Deere y Miller, 1968)

<b>RESISTENCIA</b>	<b><math>\sigma_c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Muy Alta	$\sigma_c > 2.246,6$
Alta	$1.124,8 < \sigma_c < 2.249,6$
Media	$562,4 < \sigma_c < 1.124,8$
Baja	$281,2 < \sigma_c < 562,4$
Muy Baja	$0 < \sigma_c < 281,2$

### 3.2.6.4 Resistencia a la flexión

Este esfuerzo está presente principalmente en el caso de las pizarras de techar, y en algunos mármoles y granitos cortados en láminas, como por ejemplo dinteles y peldaños de escaleras. Es de particular relevancia en el caso de revestimiento exterior de edificios altos por los empujes a que son sometidas las láminas por la acción del viento. Por tanto, si la roca resiste mal las tracciones y las láminas deben soportar elevados esfuerzos o los apoyos están muy separados, habrá que dotarla de un borde o espesor grande.

De acuerdo a la norma U.N.E. 22-176 (Apéndice A), el procedimiento para obtener el coeficiente de resistencia a la flexión de una roca, es el siguiente:

a) Se procede a cortar las muestras en forma de paralelepípedo con características definidas de peso y dimensiones (12 x 4 x 2,5) cm aproximadamente.

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

c) 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  $\text{lb}/10^{-4}$  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.

d) Obtenidos estos valores se procede a determinar la resistencia a la flexión (Tabla 3.6) de acuerdo a la Norma U.N.E. 22-176, por medio de:

$$\sigma_f = MOR = \frac{3FL}{2bd^2} \quad (3.6)$$

Dónde:

F = fuerza (Kg)

L = longitud (cm)

b = base (cm)

d = ancho (cm)

Tabla 3.6 Clasificación de la roca de acuerdo a su resistencia a la Flexión para granitos (Deere y Miller, 1968)

<b>RESISTENCIA</b>	<b><math>\sigma_f</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b><math>\sigma_f</math> (Mpa) (1Mpa=10,2 kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Muy Alta	> 204	> 20
Alta	153 - 204	15 - 20
Media	102 - 153	10 - 15
Baja	< 100	< 10

### 3.2.6.5 Resistencia al impacto

Este ensayo (Norma U.N.E. 22-179, Apéndice A), determina la resistencia al choque, o impacto, de las muestras de roca. Consiste en someter la muestra al efecto de la caída vertical de una masa esférica de un peso determinado a distintas alturas.

El valor de la resistencia al choque es importante para una roca que vaya a ser empleado en peldaños de escaleras, encimeras o mostradores, aunque la rotura de las placas suele producirse en zonas próximas a las aristas y vértices, por problemas de asentamiento que ponen en evidencia un esfuerzo de flexión u otro efecto de rotura, más que por el impacto producido por la caída de objetos. Seguidamente se exponen cada uno de los pasos a seguidos en el procedimiento:

- a. El ensayo se realiza en placas lisas de (10 x 10 x 2) cm.
- b. Sobre el lecho de arena homogéneamente distribuida de 10 cm de espesor, se coloca cada una de las muestras, dejando caer la esfera de acero de 1 kg para muestras comerciales, ó 250 g (muestra de laboratorio), en el centro de la muestra.
- c. Desde una altura de 5 cm, se deja caer la esfera, incrementando gradualmente la altura de caída en 5 cm, hasta romper la muestra (Figura 3.3).

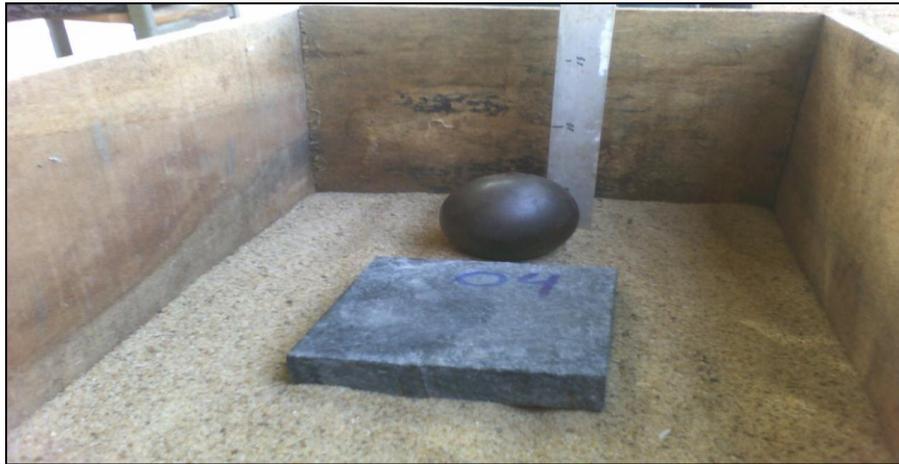


Figura 3.3 Equipo para el ensayo de Impacto o Choque

d. La resistencia al choque se obtiene tomando, como resultado de cada ensayo, la altura en cm, a la que se produjo la rotura de la muestra (Tabla 3.7).

Tabla 3.7 Clasificación de la resistencia al Impacto (Regueiro y González, 2008)

<b>Resistencia al Impacto</b>	<b>Altura de caída (cm)</b>
alto	>150 cm
medio	25-150 cm
Bajo	<25 cm

Según Deere y Miller (1966), en la comercialización de rocas ornamentales el valor de la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, absorción de agua y porcentaje de desgaste es fundamental, ya que estos parámetros indican el límite máximo que soporta cada roca, la porosidad y el grado de absorción de agua y, son de suma importancia cuando el material va a estar colocado a la intemperie (Tabla 3.8).

Tabla 3.8 Importancia de los ensayos de acuerdo al uso de la roca (Deere y Miller, 1966).

ENSAYOS	REVESTIMIENTOS		PAVIMENTOS		ESCALERAS
	Interiores	Exteriores	Interiores	Exteriores	
<b>Descripción Petrográfica</b>	I	I	I	I	I
<b>Análisis Geoquímico</b>	PI	PI	PI	PI	PI
<b>Peso Específico Aparente</b>	I	I	I	I	I
<b>Absorción de Agua</b>	PI	I	NU	I	PI
<b>Resistencia a la Compresión Simple</b>	PI	I	NU	I	I
<b>Resistencia a la Flexión</b>	PI	I	I	I	MI
<b>Resistencia al Choque</b>	NU	UN	I	MI	MI
<b>Resistencia al Desgaste</b>	PI	PI	I	MI	MI
MI= MUY IMPORTANTE I=IMPORTANTE PI= POCO IMPORTANTE NU= NO SE UTILIZA					

### 3.2.7 El granito

El granito es una roca que se compone de minerales cristalizados formados en las Profundidades de la corteza terrestre (plutónica), La disposición de estos cristales será la caracterización que señale las diversas familias (Whitten y Brooks, 1972).

Se compone principalmente de cuarzo, (20 y 40 %), feldespato (en general feldespato de potasio y plagioclasa oligoclasa), con una cantidad pequeña de mica (biotita o moscovita) y de algunos otros minerales accesorios como circón, apatito, magnetita, ilmenita y esfena. Normalmente los granitos de alto grado silíceo, como la aplita y la pegmatita, y aquellos granitos alterados por la acción de sustancias volátiles, contienen micas de litio, mica muscovita, hornblenda verde y plagioclasa sódica. En los granitos alcalinos, los minerales típicos serán la anortita, anfíboles

sódicos, piroxenos (augita, egirina y acmita). En algunos granitos y pegmatitas puede aparecer olivino con alto contenido de hierro. En los granitos potásicos los minerales característicos son el hipersteno y la enstatita. (Whitten y Brooks, 1972).

### **3.2.7.1 Texturas más comunes de los granitos**

- Holocristalina: ausencia de vidrio volcánico (Méndez, J. 2006).
- Fanerítica: textura de roca de origen intrusivo. Textura de grano grueso, visible a simple vista (Méndez, J. 2006).
- Equigranular: los minerales que constituyen la roca poseen el mismo tamaño. (Méndez, J. 2006).
- Poiquilitica: definida por cristales de gran tamaño, cuando presentan numerosas inclusiones de otros cristales de la matriz (Méndez, J. 2006).
- Mirmequítica: entrecrecimiento de cuarzo y plagioclasa ácida (Méndez, J. 2006).
- Pegmatítica: son rocas ígneas de granos especialmente gruesos, compuestas por cristales interconectados mayores de 1 cm de diámetro (Méndez, J. 2006).
- Ofítica: es característica de las rocas máficas, con crecimiento de cristales de plagioclasas dentro de cristales de piroxenos (Méndez, J. 2006).

### **3.2.7.2 El granito como roca ornamental**

LOEMCO, (1996), afirma que si bien el granito se define, desde un punto de vista geológico como una roca plutónica de grano grueso constituida esencialmente

por cuarzo, feldespato y mica, es esta una definición científica que no comprende más que algunos granitos ornamentales, los que se podrían denominar granitos sensu strictus.

La Normativa española define como granito ornamental (Norma UNE 22-170-85) a aquel conjunto de rocas ígneas, de mineralogía diversa, que se explotan generalmente en forma de bloques de naturaleza coherente y que se utilizan para decoración, una vez que han sido elaborados con procedimientos tales como aserrado, pulido, labrado, tallado, esculpido, etc.

El termino de granito ornamental incluye un amplio espectro de rocas ígneas, plutónicas y volcánicas (y en ocasiones metamórficas como los gneis) de composición mineralógica muy variada (LOEMCO, 1996).

### **3.2.7.3 Tipos de granitos ornamentales**

- Granitos y granodioritas: constituyen el grupo más abundante de los granitos ornamentales debido a la abundancia en la corteza terrestre y a las buenas condiciones de los afloramientos que permiten desarrollar grandes explotaciones, además de presentar una gran diversidad de colores y texturas.

- Tonalitas, monzonitas y cuarzodioritas: es uno de los grupos más representativos ya que por su composición mineralógica en cierta proporción por minerales ferromagnesianos oscuros, dan lugar a variedades de tonalidades negras de gran interés, además de ser compactas, de tamaño de grano variable y fracturamiento irregular.

- Dioritas y gabros: constituyen el grupo de los llamados “granitos negros” en relación al color de los minerales que la conforman. Y pueden ser usados tanto en interiores como exteriores y algunas aplicaciones en el mercado funerario.
- Basaltos, gneises y pegmatitas: este es un grupo que constituye una variedad bastante alejada del carácter plutónico de los granitos “sensus strictus” pero que tienen un lugar importante dentro del mercado de las rocas ornamentales.

### **3.2.8 El metamorfismo y las rocas metamórficas**

Metamorfismo es un proceso de transformación mediante el cual la composición mineral, la textura o ambas, de una roca cambian creando una nueva roca por efectos de presión, temperatura y fluidos químicamente activos.

Los factores que influyen en el metamorfismo son: composición inicial de la roca, presión, temperatura, esfuerzos (indican una dirección preferencial), tiempo, reactividad química inducida por fluidos (fluido intergranular, porosidad de la roca, movimiento de los constituyentes mediante el fluido, medio de transporte). Los efectos del metamorfismo son palpables en las rocas sometidas a grandes presiones en las zonas de subducción (ej. Bordes compresivos en la Cordillera de los Andes, zonas de fallas de corrimiento en la Provincia de Imataca, etc.) (Gómez, M. 2007).

El metamorfismo regional, que es el tipo de proceso que principalmente ha afectado la zona en estudio, se caracteriza por los siguientes efectos: miles de kilómetros cuadrados, esfuerzo diferencial, recristalización química, foliación distintiva, subducción o colisión entre fragmentos de corteza continental (pizarras, filitas, esquistos, gneises, segmentos de corteza basáltica oceánica antigua (esquistos verdes, anfibolitas) (Gómez, M. 2007).

Las rocas metamórficas, producto del metamorfismo regional, son rocas recrystalizadas, cuyo grado metamórfico está señalado por una asociación de minerales metamórficos que han alcanzado el equilibrio en un conjunto muy particular de condiciones físicas. Lo expuesto define una facies metamórfica.

El metamorfismo regional puede ser: de bajo grado, abarcando temperaturas entre 200°C y 320 °C y presiones entre 300 y 600 Mpa, dando por resultado rocas con minerales hidratados (minerales de la arcilla, cloritas) y liberación de H<sub>2</sub>O. Con temperatura entre unos 500-550°C y presiones entre 600-700 Mpa, el metamorfismo regional se considera de grado medio (anfíbolitas). El grado alto (facies granulita) se alcanza con una temperatura mayor a los 550°C y presiones superiores a los 700 Mpa., dando como resultado rocas con minerales anhidros (piroxenos) (Gómez, M. 2007).

Las rocas ígneas o sedimentarias, pueden transformarse en rocas metamórficas al sufrir transformaciones posteriores originadas por los cambios de temperatura, presión, humedad y por factores climáticos y químicos, etc. De forma general, se clasifican en metamórficas de alto, medio, bajo y muy bajo grado, respectivamente, afectadas por metamorfismo regional. Cataclásticas, producto del metamorfismo cataclástico o de dislocación (milonitas, brechas de falla, ultramilonitas, pseudotaquilitas, etc). Hornfeld o cornubianitas, son rocas recrystalizadas producto del metamorfismo de contacto. Este tipo de metamorfismo es muy local, y se da en las aureolas de contacto entre el intrusivo caliente y la roca caja (Gómez, M. 2007).

La mayoría de las rocas de la zona de estudio son de origen ígneo, de composición granítica, conformando así, un complejo ígneo-metamórfico con metamorfismo regional de grado alto de la facies granulita; lo que implica temperaturas entre 650°C y 750°C, presiones entre 4 y 7 kilobars (15 a 20 kilómetros de espesor de roca). Son gneises cuarzo-feldespáticos con: ortosa, microclina, pertita,

cuarzo, biotita, oligoclasa, hornblenda; en la mayoría de los casos presentan gneissidad, bandeo gneissico y foliación, pero también es observable efectos de migmatización (migmatitas y gneises migmatíticos, con pliegues ptigmáticos) e inyecciones pegmatíticas de composición granítica. Estas rocas han tenido un protolito ígneo, motivo por el cual son ortogneises. Cuando las granulitas o gneises cuarzo-feldespáticos presentan piroxeno (generalmente hipersteno), se les denomina charnockita (muy apreciada por su color y cualidades ornamentales) (Gómez, M. 2007).

Los gneises son rocas metamórficas regionales cuyo ambiente de formación es profundo y, generalmente, de los bordes de colisión continental. Es típico en los gneis la presencia de una alineación en paralelo de granos minerales que crecen durante el metamorfismo, lo cual le da a la roca un aspecto estratificado llamado foliación (Gómez, M. 2007).

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Esta etapa del trabajo tiene como propósito presentar los aspectos metodológicos que sustentan la investigación llevada a cabo. Entre estos se encuentran; tipo y diseño de la investigación, flujograma de la investigación, población y muestra, técnica e instrumentos de recolección de datos, los cuales se detallan a continuación.

#### **4.1 Tipo de investigación**

Basándonos en las definiciones de Arias, F. (2012) la investigación o el proceso investigativo se clasifica en base a; el propósito de la investigación y el nivel de la investigación. Y en función de esto se establece un diseño para la investigación.

Según Arias, F. (2012), si el propósito de la investigación es “La producción de un nuevo conocimiento, el cual puede estar dirigido a incrementar los postulados teóricos de una determinada ciencia”, éste se clasifica como una investigación pura o básica; en cambio si su propósito es “tener una aplicación inmediata en la solución de problemas prácticos”, es una investigación aplicada.

El propósito de esta investigación, es determinar la utilidad del material rocoso presente en los Cerros laja I y II del Sector Palma Sola, como material ornamental y estimar el volumen máximo aprovechable del mismo; representando esta información de gran interés en el desarrollo de la minería no-metálica, por tal motivo se enmarca dicha investigación en las investigaciones aplicadas.

Según Arias, F. (2012), el nivel de una investigación “se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio”, y según este

mismo autor “La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento”. Por lo tanto, la investigación de este trabajo de grado es de tipo descriptiva, debido a que en él se determinan las características petromineralógicas y geomecánicas de las rocas plutónicas de los Cerros Laja I, Laja II, y zonas aledañas a éstos, en el sector Palma Sola.

Según Patton, M. (1996), la investigación evaluativa consiste en “la recolección sistemática de información acerca de actividades, características y resultados de programas, para realizar juicios acerca del programa, mejorar su efectividad, o informar la toma futura de decisiones”. Por ello decimos que la investigación es también de tipo evaluativa porque una vez caracterizadas petromineralógica y geomecánicamente las propiedades de las rocas presentes en los cerros estudiados se cumple con la finalidad de clasificarlas de acuerdo a su potencial y calidad, para su explotación económica y posterior uso como roca ornamental; además de estimar el volumen recuperable de material, y todo esto consiste en la evaluación del material rocoso.

## **4.2 Diseño de la investigación**

### **4.2.1 Diseño documental**

El diseño de esta investigación coincide con la investigación documental ya que: Según Arias, F. (2012), La investigación documental “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos”.

#### **4.2.2 Diseño de Campo**

El diseño de esta investigación también coincide con la investigación de campo ya que: Según Arias, F. (2012), la investigación de campo “es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes”.

Esta investigación de campo se desarrolló de forma intensiva en el caso particular de los Cerros Laja I, II y zonas aledañas caracterizándose por la captura de coordenadas y elevaciones de distintos puntos, la observación y descripción de las características geomorfológicas presentes, la toma de muestras de roca fresca a una profundidad no mayor a 60 cm, representativas de los afloramientos; así como el levantamiento geológico de los mismos.

#### **4.3 Etapas de la investigación**

El flujograma de la investigación consiste en las etapas y las distintas actividades que surgen del proceso investigativo, las cuales se desarrollaron para lograr cada uno de los objetivos específicos planteados en la investigación, permitiendo alcanzar el objetivo general.

Estas etapas son progresivas y dependientes, es decir, la primera etapa, que se ha denominado “etapa de oficina”, una vez desarrollada da pie o inicio a la siguiente etapa, denominada “etapa de campo”, ésta en concordancia con lo señalado una vez culminada, permite el desarrollo de la siguiente etapa, denominada “etapa de laboratorio”. Pudiera considerarse también a estas etapas como cíclicas, debido a que; una vez que finaliza la etapa de laboratorio y se obtienen los resultados, se retorna a

la oficina o primera etapa, para realizar los análisis correspondientes y generar las conclusiones, que den solución al problema planteado en la investigación.

En la figura mostrada a continuación, se listan y describen las actividades y la secuencia de pasos necesarios para llevar a cabo la presente investigación (Figura 4.1).

Una descripción más detallada de las actividades contempladas en la metodología seguida para la realización de este trabajo, se hace a continuación en los siguientes párrafos, considerando el flujograma mostrado en la figura anterior.

#### **4.3.1 Etapa de oficina**

La etapa de oficina se ha desarrollado en distintas fases, las cuales son expuestas a continuación:

La primera fase de oficina consistió en la recopilación de información bibliográfica, cartográfica de la zona en estudio y comunicación personal, interpretación fotogeológica del área, elaboración de los mapas preliminares de drenaje, afloramientos y geológico-estructural respectivo, además, discusión y establecimiento de la logística para el trabajo de campo.

##### **4.3.1.1 Interpretación cartográfica y geológica de la zona**

Para la realización de este estudio se utilizaron como base; mapas de Cartografía Nacional; 7540-II-NO, 7540-II-SO, 7540-III-NE y 7540-III-SE, escala 1:25.000, aerofotos de la zona, bibliografía geológica existente relacionada con la zona y adyacencias e imágenes satelitales (software Google Earth).

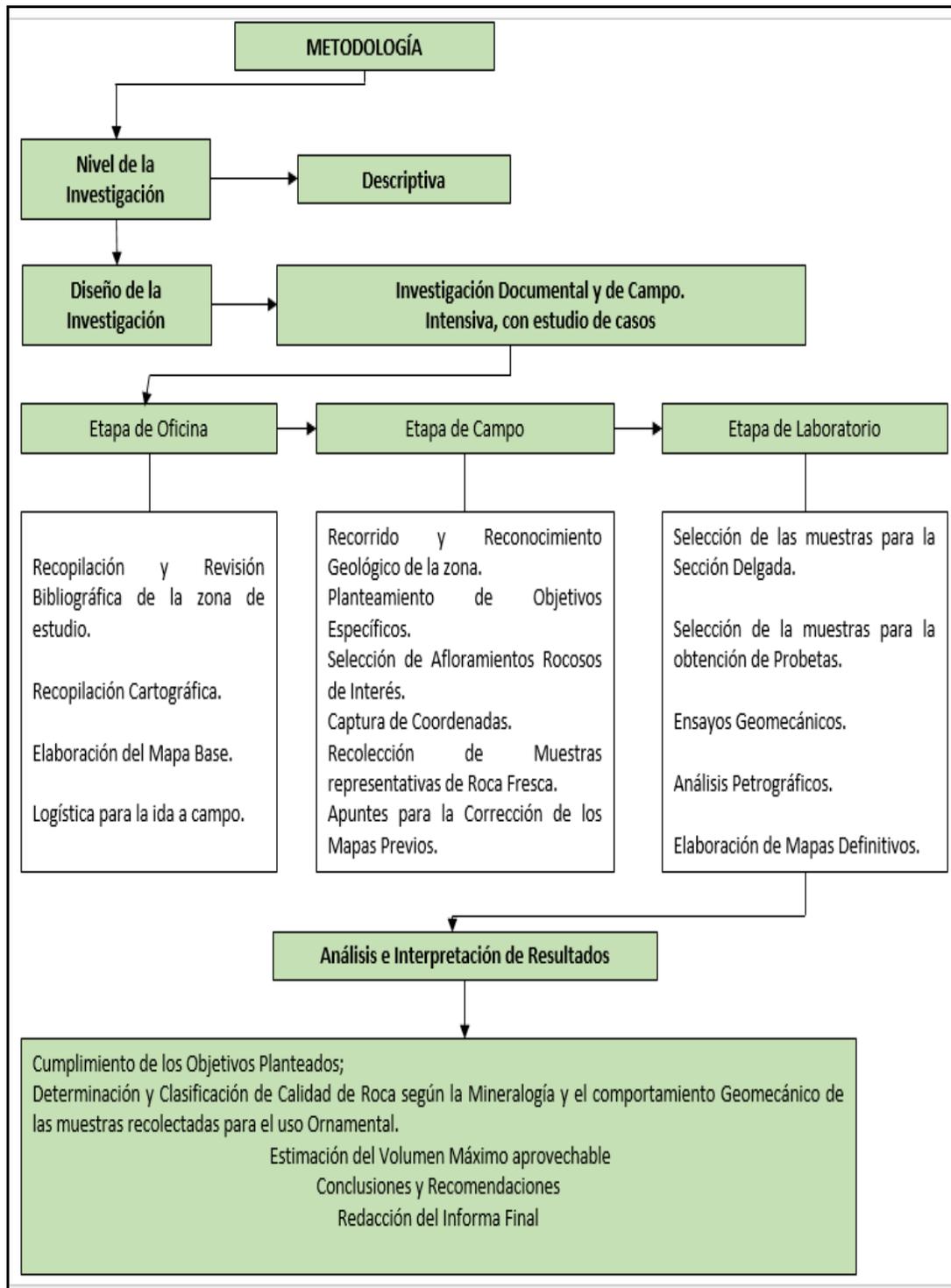


Figura 4.1 Flujograma de la metodología de la investigación.

#### **4.3.1.2 Elaboración de mapas preliminares**

Con el apoyo de las fotografías aéreas y las hojas cartográficas de la zona, a escala 1:25000, se logró la elaboración de los mapas preliminares de drenaje, afloramientos y geológico de superficie, respectivos, constituyéndose en el mapa de campo, lo cual ha servido de base para la actualización y elaboración de los mapas definitivos de drenaje, topográfico, geológico, de afloramientos y ubicación de puntos de muestreo, se digitalizó la información utilizando el programa Auto CAD 2012, por lo tanto toda la información puede ser modificada a cualquier escala necesaria. Esta información fue corregida una vez realizada la verificación de campo.

#### **4.3.2 Etapa de campo**

Esta etapa fue iniciada una vez concluida la primera fase de la etapa de oficina, el trabajo de campo fue realizado, empleando veintiún (21) días para lograr los objetivos trazados y relativos a esta etapa, desarrollándose de la siguiente manera;

##### **4.3.2.1 Acceso a la zona de estudio**

Se establecieron los contactos y los permisos necesarios para acceder a la zona donde se pretendía realizar la evaluación geológica del material rocoso con fines ornamentales, debido a que esta zona de estudio se encuentra dentro del territorio perteneciente a la concesión dada por parte del estado venezolano (400 hectáreas aproximadamente) a la empresa privada “Cantera de Palma Sola C.A.”.

##### **4.3.2.2 Selección de afloramiento y recolección de muestras de roca fresca**

Una vez adentrados en la zona que se pretendía evaluar, luego de un recorrido efectuado en el vehículo por las vías existentes (carreteras de tierra y trochas) y caminatas en las zonas con poca o sin evidencia de intervención humana, se procedió

a escoger los afloramientos con las características físicas que facilitaran su explotación además de tomar en cuenta el grado de meteorización de las rocas aflorantes.

En relación a los afloramientos, en esta oportunidad, de todos los visitados cuatro (04) en total, sólo dos (02) fueron los de mayor interés, por su color, textura, mineralogía y extensión. Se realizó la verificación de estructuras tales como fallas, diaclasas, foliación, (Figura 4.2) que en ocasiones afectan significativamente los afloramientos. Sin embargo, diagnosticar su efecto solo basándose en una geología de superficie, no es confiable, ni tampoco recomendable.



Figura 4.2 Mediciones del rumbo de la foliación en las rocas aflorantes

De este modo los dos cerros seleccionados fueron etiquetados como Cerro Laja I y Cerro Laja II. Anteriormente parte del cerro Laja II era explotado en los inicios de la cantera para su uso como material ornamental y de construcción, pero actualmente

se encuentra en estado de abandono, los dueños de esta empresa alegan que se debe a la falta de insumos para el método de explotación que empleaban (Voladuras).

En cada afloramiento se efectuaron mediciones de altura y coordenadas, suficientes para realizar la topografía aproximada de los cerros o afloramientos de interés, con el propósito de estimar reservas. Para estos cálculos y gráficos topográficos además de las mediciones realizadas en campo para la determinación de las coordenadas con el G.P.S. 330 (Magellan), se utilizó el software Surfer 13, con apoyo del software Google Earth.

Toda la información recabada durante la verificación de campo, permitió realizar las correcciones pertinentes en los trabajos preliminares, lográndose así, la conclusión de los mismos.

Para la obtención de las muestras frescas fue empleado un martillo de rotopercusión (Pionjar) cuyo funcionamiento es a base de gasolina y aceite. Una vez abierta la perforación de unos 20 cm de longitud x 5 cm de diámetro aproximadamente, se procedió a la introducción forzada de cuñas metálicas utilizando mandarrias de 2 kg, con la finalidad de producir el fracturamiento de la roca y así, obtener una buena representación fresca del afloramiento, evitando en lo posible, microfracturas. Una vez lograda las muestras, se analizaron macroscópicamente utilizando lupa de geólogo (con aumento 10x), carta internacional de colores, identificación de minerales, textura, foliación, plegamientos y demás caracteres de interés geológico-minero. Concluido el análisis de los ejemplares de mano, se procedió a la ubicación de los puntos de muestreo utilizando G.P.S. 330 (Magellan) para la determinación de las coordenadas U.T.M (Figura 4.3).



Figura 4.3 Muestras de mano presentes en la zona de estudio

El muestreo de campo arrojó un total de veinte (20) muestras de roca fresca, doce (12) del Cerro Laja II y ocho (08) del Cerro Laja I, de las cuales se seleccionaron las más representativas para diferentes análisis. Algunas muestras fueron descartadas por detectársele en campo, microfracturas y alteración química (meteorización), lo cual arrojaría resultados erróneos en los ensayos geomecánicos, vitales en el presente estudio. La variabilidad de color, textura y mineralogía en muestras de un mismo afloramiento, en ocasiones era moderada, motivo por el cual se decidió seleccionar las muestras más representativas.

Una vez concluida la fase de actividades de campo, habiéndose realizado el muestreo en los respectivos sectores, se procedió al traslado de las muestras seleccionadas para su preparación y corte en los laboratorios de la Escuela de Ciencias de La Tierra de la Universidad de Oriente, lo cual no pudo ser posible debido la deficiencia de equipos de laboratorio que presenta la universidad, por esta razón se acudió al Instituto de Geología y Minas (INGEOMIN) del estado Bolívar con sede en el municipio Heres, dónde una vez que se evaluaron las muestras recolectadas se seleccionaron las más apropiadas para los distintos cortes y su transformación en probetas con las dimensiones requeridas por las normas utilizadas

en el ensayos geomecánicos (normas UNE), además de las muestras para los análisis petrográficos.

#### **4.3.3 Etapa de laboratorio**

Esta etapa se inició una vez obtenidas, de la porción de las veinte (20) muestras de roca fresca, que se entregaron en los laboratorios de INGEOMIN, las probetas requeridas para los análisis geomecánicos, por motivos económicos la cantidad de probetas de roca fue limitante. Abarcando las siguientes cantidades:

a) Tres (03) probetas para análisis de compresión simple o uniaxial; dos (02) muestras provenientes del cerro laja II, etiquetadas como; “Cerro Laja 2 Muestra 1 Compresión Simple (CL<sub>2</sub>M<sub>1CS</sub>) y Cerro Laja 2 Muestra 2 Compresión Simple (CL<sub>2</sub>M<sub>2CS</sub>)”. Y una (01) muestra proveniente del cerro laja I, etiquetada como; “Cerro Laja 1 Muestra 1 Compresión Simple (CL<sub>1</sub>M<sub>1CS</sub>)”.

b) Tres (03) probetas para análisis de resistencia a la flexión, dos (02) muestras provenientes del cerro laja II, etiquetadas como; “Cerro Laja 2 Muestra 1 Flexión (CL<sub>2</sub>M<sub>1F</sub>) y Cerro Laja 2 Muestra 2 Flexión (CL<sub>2</sub>M<sub>2F</sub>)”. Y una (01) muestra proveniente del Cerro laja I, etiquetada como; “Cerro Laja 1 Muestra 1 Flexión (CL<sub>1</sub>M<sub>1F</sub>)”.

c) Tres (03) probetas para análisis de resistencia al impacto, dos (02) muestras provenientes del cerro laja II, etiquetadas como; “Cerro Laja 2 Muestra 1 Impacto (CL<sub>2</sub>M<sub>1I</sub>) y Cerro Laja 2 Muestra 2 Impacto (CL<sub>2</sub>M<sub>2I</sub>)”. Y una (01) muestra proveniente del Cerro laja I, etiquetada como; “Cerro Laja 1 Muestra 1 Impacto (CL<sub>1</sub>M<sub>1I</sub>)”.

d) Seis (06) probetas para análisis de peso específico (se utilizaron las probetas de compresión y flexión previamente a estos ensayos, por tener dimensiones conocidas cuyo volumen de la muestra era fácilmente calculable).

e) Tres (03) probetas para absorción de agua, dos (02) muestras provenientes del cerro laja II, etiquetadas como; “Cerro Laja 2 Muestra 1 Agua (CL<sub>2</sub>M<sub>1ag</sub>) y Cerro Laja 2 Muestra 2 Agua (CL<sub>2</sub>M<sub>2ag</sub>)”. Y una (01) muestra proveniente del cerro laja I, etiquetada como; “Cerro Laja 1 Muestra 1 Agua (CL<sub>1</sub>M<sub>1ag</sub>)”.

f) Dos (02) muestras trituradas en diámetros menores para el ensayo de abrasión, una (01) muestra proveniente del Cerro laja II, etiquetada como; “Cerro Laja 2 Muestra 1 Desgaste (CL<sub>2</sub>M<sub>1D</sub>)” y una (01) muestra proveniente del Cerro laja I, etiquetada como; “Cerro Laja 1 Muestra 1 Desgaste (CL<sub>1</sub>M<sub>1D</sub>)”.

g) Dos (02) secciones finas para el análisis petrográfico, se escogió una muestra por cada uno, se etiquetaron como; “Cerro Laja 2 Muestra 1 Sección Fina (CL<sub>2</sub>M<sub>1SF</sub>) y Cerro Laja 1 Muestra 1 Sección Fina (CL<sub>1</sub>M<sub>1SF</sub>)”.

h) Dos (02) muestras para descripción macroscópica, etiquetadas como; “Muestra 1 Análisis Macroscópico Cerro Laja 1 (M<sub>1AM</sub>CL<sub>1</sub>) y Muestra 1 Análisis Macroscópico Cerro Laja 2 (M<sub>1AM</sub>CL<sub>2</sub>)”.

i) Una (01) muestra para pulitura de caras para su exhibición como material ornamental.

Los ensayos geomecánicos al no poder realizarse en su mayoría, en la Universidad de Oriente por los motivos antes mencionados, fue necesario recurrir a los laboratorios privados de Ingeniería de Inspección y Control de Calidad (INGECONTROL), con sede en Puerto Ordaz, municipio Caroní. Allí con una duración de una semana fueron realizados los ensayos de compresión simple, flexión

y peso específico. Los ensayos de abrasión, absorción de agua e impacto o choque fueron realizados en los laboratorios de la Empresa de Construcción San Antonio C.A., también con sede en Puerto Ordaz con una duración de una semana. Los análisis petrográficos se pudieron realizar en los laboratorios de la Escuela de Ciencias de la Tierra, de la Universidad de Oriente, por el personal calificado que labora en el laboratorio de petrografía.

#### **4.3.4 Análisis e interpretación de resultados**

Al poseer los resultados de cada análisis ya sea geomecánico o petrográfico se procedió a clasificar según su procedencia (Cerro Laja I o Laja II) y a comparar los resultados obtenidos de cada muestra, dando cumplimiento a los tres primeros objetivos planteados en esta investigación. Las conclusiones alcanzadas de cada análisis realizado en función de los resultados obtenidos, fue plasmada en el capítulo cinco de la presente investigación y de forma más precisa se encuentra en las conclusiones de la misma.

#### **4.4 Población de la investigación**

Según Arias, F. (2012), “La población, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” y según Ary y Otros, (1989) en Arias, F. (2012), “Población accesible: también denominada población muestreada, es la porción finita de la población objetivo a la que realmente se tiene acceso y de la cual se extrae una muestra representativa. El tamaño de la población accesible depende del tiempo y de los recursos del investigador”.

La población está constituida por los afloramientos rocosos existentes en el estado Bolívar; y la población accesible para este trabajo de investigación, está constituida por los afloramientos rocosos del sector Palma Sola, denominados Cerros Laja I y Laja II.

#### **4.5 Muestra de la investigación**

Según Arias, F. (2012), “una muestra, es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”.

Está constituida por veinte (20) muestras representativas que se recolectaron en los afloramientos rocosos denominados Cerros Laja I y Laja II, para su posterior preparación para los ensayos geomecánicos y análisis petrográficos.

#### **4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### **4.6.1 Técnicas de recolección de datos**

Según Arias, F. (2006), “se entenderá por técnica el procedimiento o forma particular de obtener datos o información”. Las técnicas de recolección de datos que se desarrollaron consistieron en la revisión bibliográfica y cartográfica, y la observación directa.

##### **4.6.1.1 Revisión bibliográfica y cartográfica**

Durante la revisión bibliográfica se obtuvo información relacionada a la investigación por medio de; consultas a trabajos de grado, normas, libros, material digitalizado, entre otros. En cuanto a la cartografía, se contó con las hojas cartográficas; 7540-II-NO-1970 Las Queseras, 7540-II-SO-1970 las Araguatas, 7540-III-NE-1970 El Guaimire, y 7540-III-SE-1970 El Rubí a escala 1: 25.000, los cuales

se ubicaron y fueron facilitados por la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente.

#### **4.6.1.2 Observación directa**

Esta técnica permitió al visualizar la zona de estudio; identificar y describir los factores geológicos presentes en el área, la geomorfología predominante, la litología, el grado de meteorización existente, la variabilidad de las tonalidades y colores en los afloramientos, el metamorfismo evidenciado en las rocas, entre otros parámetros.

#### **4.6.2 Instrumentos de recolección de datos**

Según Arias, F. (2012), “un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (papel o digital) que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”. Basados en la definición anterior se utilizaron los siguientes instrumentos para la recolección de la información:

- a) Carta internacional de colores, libretas de campo, brújula Brunton profesional, escalímetro, cinta de color, marcadores, pintura.
- b) Hojas de cartografía nacional.
- c) Fotografías satelitales de la zona (obtenidas del programa Google Earth)
- d) Fotografías aéreas de la zona
- e) Lupa de geólogo (aumento 10x)
- f) G.P.S. MAP. 330 (con programa WAAS incorporado), marca Magellan
- g) Mandarria de 2 kg
- h) Martillo de rotoperusión (pionjar) y cuñas metálicas
- i) Cortadora de discos para rocas
- j) Abrasivos, productos químicos, pulidora de rocas
- k) Microscopio

- l) Sección delgada y fragmentos de muestra de roca
- m) Máquina de Compresión Simple (prensa hidráulica)
- n) Máquina para ensayos de abrasión Los Ángeles
- o) Máquina para ensayos de Flexión en rocas
- p) Equipo para ensayo de Impacto en rocas
- q) Horno eléctrico para secado de muestra (para ensayo de humedad)
- r) Balanza electrónica (apreciación 0,01 g)
- s) Cilindro graduado
- t) Juego de tamices: 1"; 1½"; ¾"; ½"; ⅜"
- u) 01 vehículo rústico con doble tracción.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **5.1 Análisis petrográficos de secciones finas para designar su nomenclatura y estimar el potencial ornamental, en base a la composición mineralógica de las rocas**

Se obtuvieron dos (02) secciones finas de las muestras provenientes de los afloramientos rocosos para su análisis petrográfico, de forma que se pudo determinar su nomenclatura a través de los resultados obtenidos y el diagrama ternario de Streckeisen. Los resultados se describen a continuación (secciones CL<sub>1</sub>M<sub>1SF</sub> y CL<sub>2</sub>M<sub>1SF</sub>), considerándose puntuales debido a la heterogeneidad de los afloramientos.

##### **5.1.1 Análisis Petrográfico CL<sub>2</sub>M<sub>1SF</sub>**

Clasificado como un gneis granodiorítico alcalino cataclástico, en análisis macroscópico y con lupa binocular de aumento 10x, resultó ser una roca dura, densa, de grano medio, homogénea de color gris claro, con manchas de color gris, negro, blanco, y manchas rojizas.

Petrográficamente la roca presenta textura granoblástica inequigranular con abundancia de cuarzo (35%) con algunas inclusiones de feldespatos (5%). Con plagioclasa sódica (20%) tipo oligoclasa en su mayoría, mostrando maclas polisintéticas y asociada con ortosa (10%). Estos feldespatos se presentan algo fracturado y ligeramente sericitizados. También se identifica mica biotita (10%), distribuida uniformemente entre los granos con una ligera orientación subparalela y, en ocasiones, acompañada por hornblenda (15%) verde y pleocróica, posiblemente proveniente de la alteración de algún piroxeno, evidenciado por las micro reliquias

que quedan de ellos. En pequeños granos y dispersos, se observa un (5%) de circón, hematita, apatito y de granate (Figura 5.1 y Tabla 5.1).

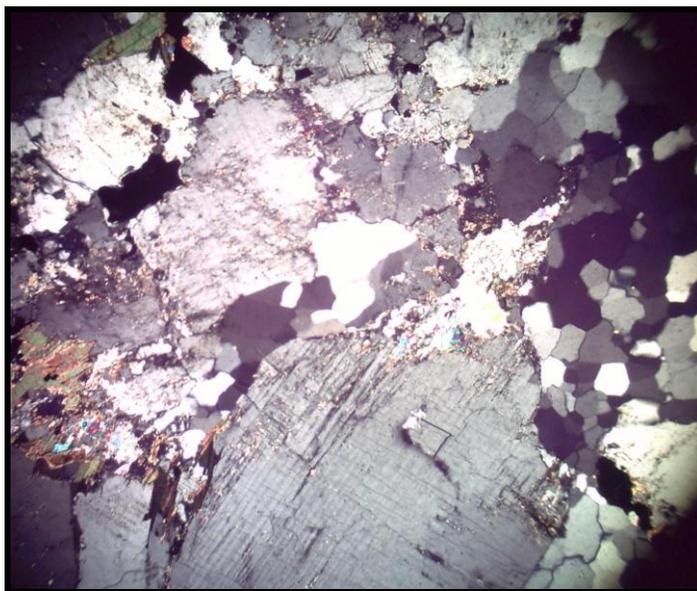


Figura 5.1 Microfotografía de la Muestra CL<sub>2</sub>M<sub>1SF</sub>

Tabla 5.1 Resultados del Análisis Petrográfico CL<sub>2</sub>M<sub>1SF</sub>

Mineral	Muestra
	CL <sub>2</sub> M <sub>1SF</sub>
Cuarzo	35
Plagioclasa	20
K-feldepato	15
Biotita	10
Horblenda	15
Accesorio	5

### 5.1.2 Análisis Petrográfico CL<sub>1</sub>M<sub>1SF</sub>

Se ha clasificado como un gneis cuarzo- feldespático-biotítico-hornabléndico. Analizada con lupa binocular y aumento 10x resultó ser una roca fresca, dura, densa, heterogénea, de grano medio a grueso, con cierta orientación de los minerales

máficos presentes y de color rosado, con puntos blancos y negros. El afloramiento presenta bandas gnéssicas, bandas de granate y pliegues ptigmáticos, lo cual evidencia efectos de migmatización.

Bajo el microscopio se observa una roca de textura granoblástica, caracterizada por un mosaico equidimensional de granos alotriomórficos, ligeramente aplanados, constituidos por cuarzo (30%), oligoclasa (10%), microclina (15%) y pertita (20%). Todo esto se encuentra rodeando a porfidoblastos de oligoclasa (10%) con maclas polisintéticas y alteración de sericita a lo largo de dichas maclas. En general, todos los feldespatos están ligeramente sericitizados.

Hay escasa biotita (5%), hornblenda (5%), apatito, esfena e ilmenita como accesorios, los cuales juntos, no superan el 5 % del total de la muestra (Figura 5.2 y Tabla 5.2).

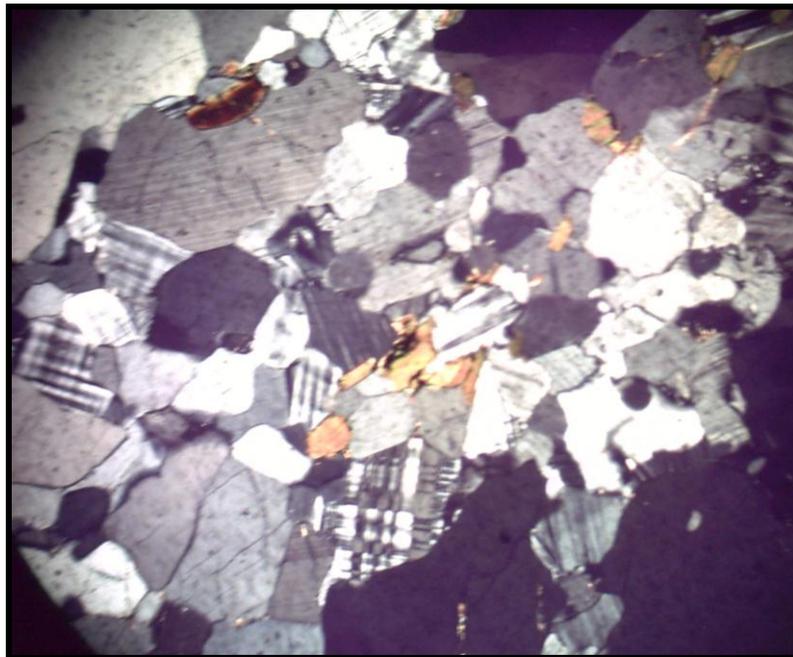


Figura 5.2 Microfotografía de la muestra CL<sub>1</sub>M<sub>1SF</sub>

Tabla 5.2 Resultados del Análisis Petrográfico  $CL_1M_{1SF}$ 

Mineral	Muestra
	$CL_1M_{1SF}$
Cuarzo	30
Plagioclasa	20
K-feldepatato	35
Biotita	5
Horblenda	5
Accesorio	5

A continuación, los resultados de los análisis petrográficos ubicados en el diagrama de Streckeisen (Figura 5.3).

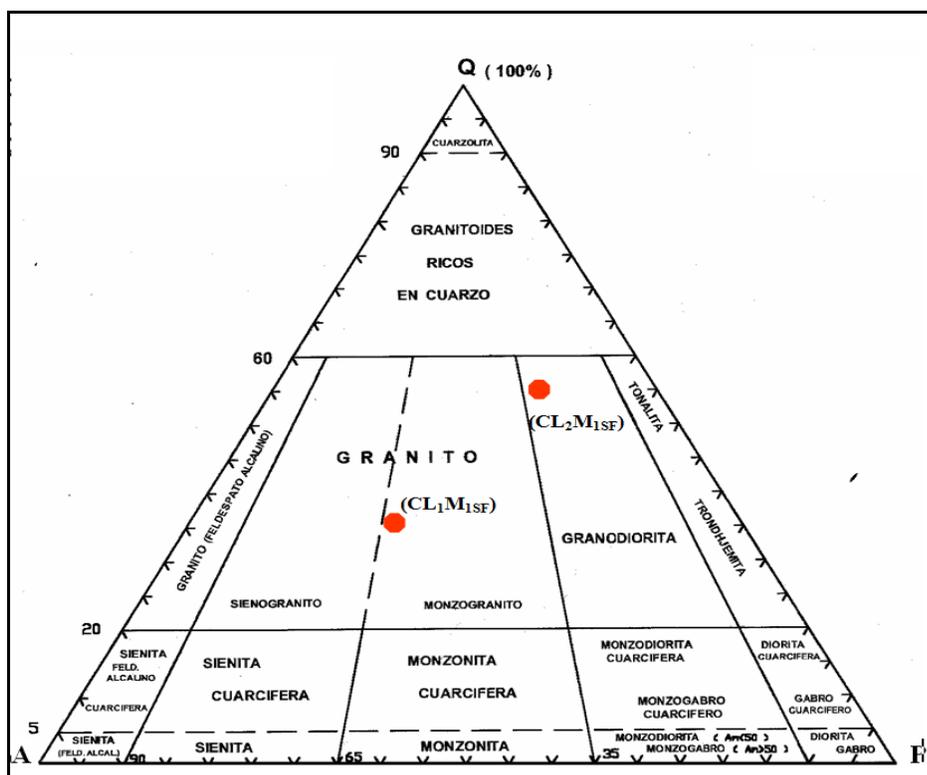


Figura 5.3 Ubicación de la muestra analizada petrográficamente en el Diagrama de Streckeisen

## 5.2 Determinación de las propiedades geomecánicas, con fines ornamentales, de muestras representativas de roca fresca provenientes de los afloramientos Laja I y Laja II.

El procesamiento de los datos aportados por cada ensayo y análisis se detalla a continuación (Apéndice B).

### 5.2.1 Análisis de Abrasión o Desgaste

Según la Norma U.N.E. 22-173, el análisis de abrasión que aquí se ha utilizado es el de método de Los Ángeles (Tipo A) (Tabla 5.3 y Figura 5.4).

Tabla 5.3 Resultados del ensayo de Abrasión o Desgaste

<b>ENSAYO DE ABRASIÓN</b>	
<b>MUESTRA</b>	<b>% de Desgaste</b>
CL <sub>2</sub> M <sub>1D</sub>	25,6
CL <sub>1</sub> M <sub>1D</sub>	29,0
<b>Desgaste Promedio</b>	<b>27,3 %</b>

Las rocas cuyo coeficiente de desgaste se encuentra dentro de este rango pueden ser recomendadas como roca ornamental, ya que ofrecen considerable resistencia al desgaste.

El promedio de resistencia al desgaste es 27,3% (bajo); valor que las califica como recomendables para uso ornamental (Tabla 5.4).

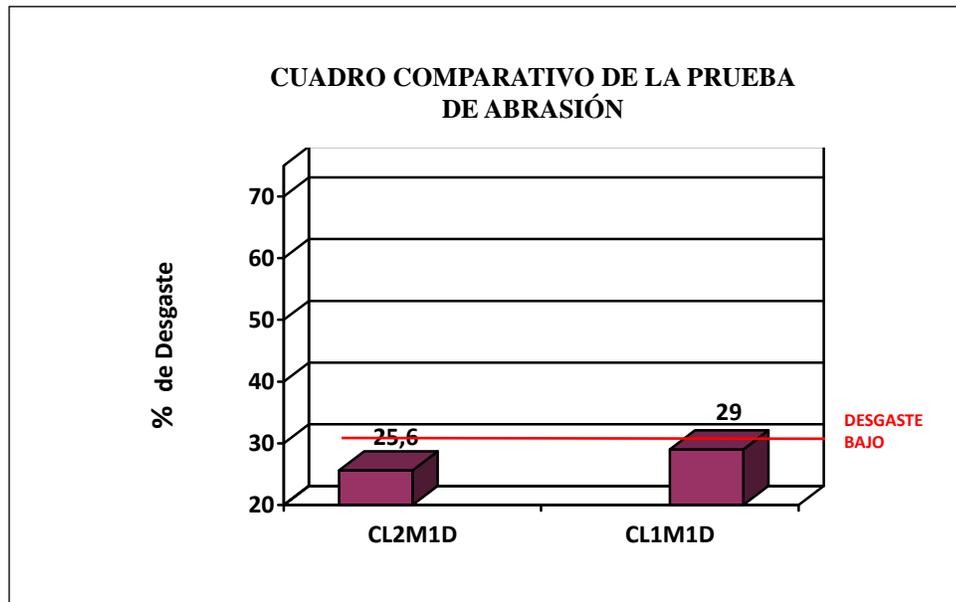


Figura 5.4 Gráfica comparativa de los resultados del ensayo de Abrasión o Desgaste

Tabla 5.4 Clasificación de la calidad de la roca de acuerdo a su valor de resistencia al Desgaste (Deere y Miller, 1966)

CLASIFICACIÓN	% DE DESGASTE
Muy Alta	75 – 100
Alta	60 – 75
Media	35 – 60
<b>Baja*</b>	<b>15 – 35</b>
Muy Baja	0 - 15

### 5.2.2 Resistencia a la Compresión Simple o Uniaxial

La Norma U.N.E. 22-175, establece que debe conocerse siempre que la roca tenga que soportar cargas considerables; tanto en el transporte como durante su propio periodo de uso y almacenamiento.

La resistencia de la roca a la compresión varía de acuerdo al sentido del esfuerzo aplicado en relación a la dirección de la foliación o a la estratificación (este término, según la norma española UNE-22-175, es sinónimo de “Aserrado”). Se

procedió a efectuar, por cada muestra, las pruebas en dirección normal (perpendicular) del aserrado; tomándose como resultado, el valor promedio para cada caso.

Una vez procesadas las probetas de roca de las muestras seleccionadas, las cual ya han sido citadas en párrafos anteriores, se obtuvieron los siguientes resultados; resistencia a la Compresión Simple ortogonal al aserrado o foliación (promedio) 631,33 kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados para cada muestra se exponen en la Tabla 5.5 y Figura 5.5.

Tabla 5.5 Resultados de la resistencia a la Compresión Simple o Uniaxial

Muestra	Resistencia a la Compresión Simple (Kg/cm <sup>2</sup> )
CL <sub>2</sub> M <sub>1</sub> CS	567
CL <sub>2</sub> M <sub>2</sub> CS	630
CL <sub>1</sub> M <sub>1</sub> CS	697
<b>Promedio</b>	631,33

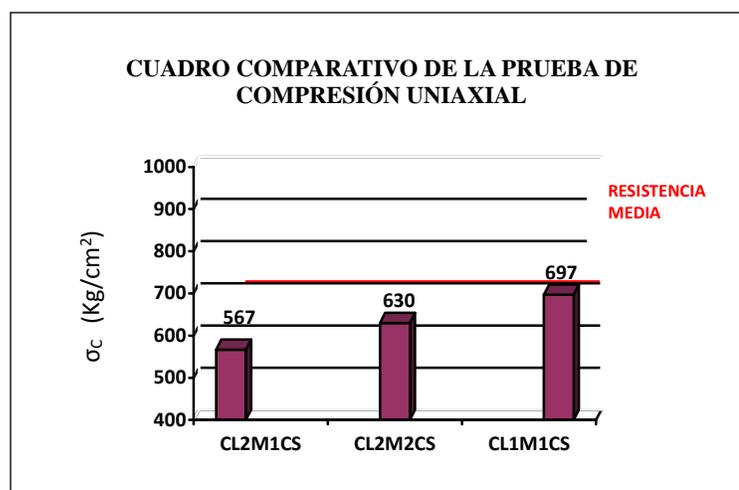


Figura 5.5 Gráfica de los resultados del ensayo de Compresión Simple

De acuerdo a estos valores, la roca tiene una resistencia a la compresión simple que la ubica dentro del rango de resistencia media (Tabla 5.6), lo cual la califica como apta para el uso ornamental. Si los resultados fuesen altos, la roca sería frágil y fácil de partirse o romperse. Por lo tanto, las rocas analizadas en este estudio, están en el rango ideal.

Tabla 5.6 Clasificación de la calidad de la roca de acuerdo a su valor de resistencia a la Compresión Simple (Regueiro y González, 2008).

RESISTENCIA	$\sigma_c$ (Kg/Cm <sup>2</sup> )
ALTA	800 - 1500
<b>MEDIA</b>	<b>400 - 800</b>
BAJA	< 400

$\sigma_c$  = Resistencia a la Compresión Simple.

### 5.2.3 Resistencia a la Flexión

Este ensayo fue realizado tratando de adaptarse en lo posible a la norma española U.N.E. 22-176. Los resultados obtenidos son los siguientes (Tabla 5.7 y Figura 5.6).

Tabla 5.7 Resultados del ensayo de Flexión

Muestra	Fuerza de rotura (W)	Distancia entre soportes Cm (L)	Ancho de probeta Cm (b)	Altura de probeta Cm (h)	Rf Kg/cm <sup>2</sup>	Rf Mpa
CL <sub>2</sub> M <sub>1F</sub>	330,00	10,00	4,00	2,50	132	12,9448
CL <sub>2</sub> M <sub>2F</sub>	340,00	10,00	4,00	2,50	136	13,337
CL <sub>1</sub> M <sub>1F</sub>	430,00	10,00	4,00	2,50	172	16,8674
				<b>Valor Prom.</b>	<b>146,66</b>	<b>14,3824</b>

En promedio, resultó una resistencia a la flexión de: 146,66 kg/cm<sup>2</sup> (14, 3824 Mpa)

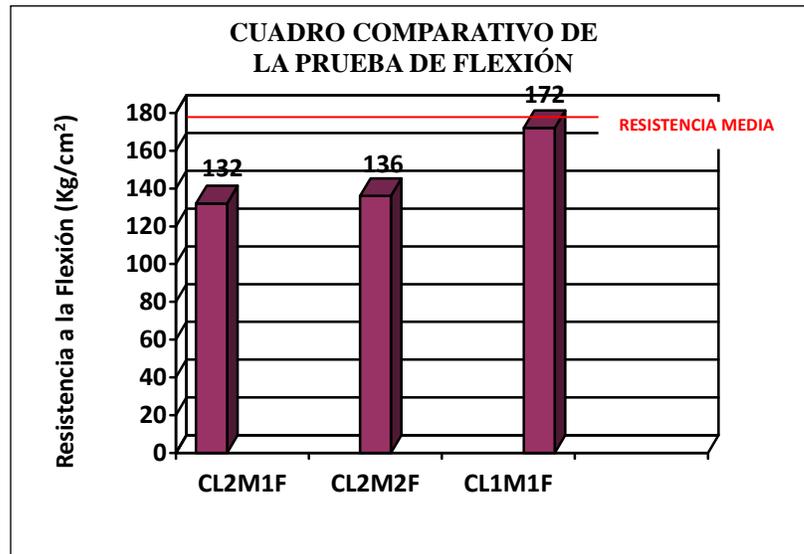


Figura 5.6 Gráfica de resultados del ensayo de Flexión

De acuerdo a este valor, las rocas se ubican dentro de rango de resistencia media a la rotura por flexión, lo cual las califica como aptas para el uso ornamental, considerando la clasificación (Tabla 5.8).

Tabla 5.8 Clasificación de la calidad de la roca de acuerdo a su valor de resistencia a la flexión (Regueiro y González, 2008).

<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>
ALTA	>200
<b>MEDIA</b>	<b>100 - 200</b>
BAJA	<100

### 5.2.4 Impacto o Resistencia al Choque

En atención a la Norma U.N.E. 22-179, el valor de resistencia al choque es importante para una roca que vaya a ser empleada en recubrimientos de columnas, soldados, peldaños o escaleras, encimeras o mostradores. La Tabla 5.9 resume los resultados de este ensayo. Si ha de considerarse un promedio para rotura por choque, para estas rocas se tendría un valor de 38,30 cm.

Tabla 5.9 Resultados del ensayo de rotura por Impacto

Muestra	Altura (Cm)								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
CL <sub>2</sub> M <sub>1I</sub>	N	N	N	N	N	N	S		
CL <sub>2</sub> M <sub>2I</sub>	N	N	N	N	N	N	S		
CL <sub>1</sub> M <sub>1I</sub>	N	N	N	N	N	N	N	N	S

S: fractura de la roca al ser sometida al choque.

N: No hubo reacción.

### 5.2.5 Humedad o Coeficiente de Absorción de Agua

Según la Norma U.N.E. 22-172, los resultados obtenidos se muestran a continuación (Tabla 5.10 y Figura 5.7).

Tabla 5.10 Resultados de la prueba de Absorción de Agua (Humedad)

MUESTRA	PESO		% ABSORCIÓN	% PROMEDIO (ABSORCIÓN)
	SECO W <sub>Seco</sub>	HÚMEDO W <sub>h</sub>		
CL <sub>2</sub> M <sub>1ag</sub>	96,93	97,16	0,24	0,2833
CL <sub>2</sub> M <sub>2ag</sub>	124,17	124,54	0,30	
CL <sub>1</sub> M <sub>1ag</sub>	22,35	22,42	0,31	

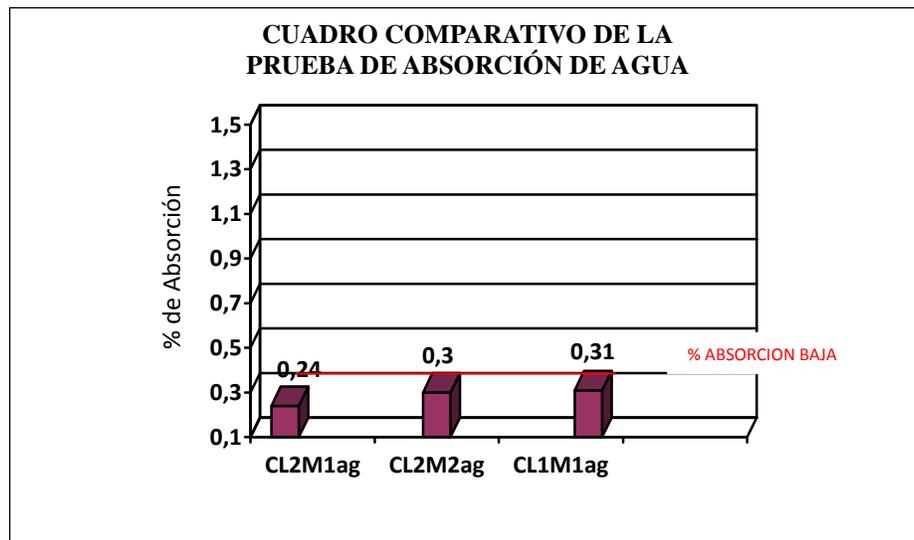


Figura 5.7 Gráfica de resultados del ensayo de Absorción de Agua

Los resultados del ensayo de absorción de agua realizados a las muestras seleccionadas como representativas son menores de 1 %, lo cual sugiere que todas son recomendables para ser utilizadas en la construcción y ornamentación (Tabla 5.11).

Tabla 5.11 Clasificación de la roca de acuerdo a su porcentaje de Absorción de Agua (Regueiro y González, 2008)

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>% ABSORCIÓN</b>
ALTO	> 2
MEDIO	1 - 2
<b>BAJO</b>	<b>0,1 - 1</b>

Las rocas óptimas y recomendadas tienen % de Absorción de 0,1 – 1%.

### 5.2.6 Cálculo de la Densidad Específica

En este caso se pesa la muestra seca en una balanza de precisión (0,01 g, preferiblemente), luego se estima su volumen una vez conocidas sus dimensiones. Haciendo uso de una sencilla fórmula, dividiendo el peso de la masa de la probeta entre su volumen, se obtiene la densidad de la roca analizada (Tabla 5.12).

Tabla 5.12 Cálculo de la densidad de las rocas analizadas

Muestra	Peso de la muestra (g)	Área (cm <sup>2</sup> )	Espesor (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Promedio (Kg/m <sup>3</sup> )
CL <sub>2</sub> M <sub>1</sub> c <sub>d</sub>	337,1	26,01	5,02	130,57	2.582	2600,45 O 2,6 (g/cm <sup>3</sup> )
CL <sub>2</sub> M <sub>2</sub> c <sub>d</sub>	337,1	25,20	5,11	128,77	2.618	
CL <sub>1</sub> M <sub>1</sub> c <sub>d</sub>	333,8	25,65	5,10	130,84	2.551	
CL <sub>2</sub> M <sub>1</sub> f <sub>d</sub>	320,4	48,00	2,50	120,00	2.670	
CL <sub>2</sub> M <sub>2</sub> f <sub>d</sub>	312,2	48,00	2,50	120,00	2.601,7	
CL <sub>1</sub> M <sub>1</sub> f <sub>d</sub>	309,6	48,00	2,50	120,00	2.580	

A mayor densidad mejor comportamiento mecánico pero más carga sobre anclajes, mayores problemas de transporte y colocación (Tabla 5.13).

Tabla 5.13 Densidad de algunas rocas (Regueiro y González, 2008)

MATERIAL ROCOSO	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )
. Areniscas	2,0
<b>Granitos</b>	<b>2,6</b>
Mármoles	2,7
Pizarras	2,8

En resumen los resultados obtenidos pueden visualizarse en la Tabla 5.14 que se muestra a continuación.

Tabla 5.14 Resumen de Resultados de los ensayos Geotécnicos

MUESTRA	PRUEBAS				
	ABRASI ON (% de desgaste)	COMPRESIÓN (Kg/Cm <sup>2</sup> )	FLEXIÓN	IMPACTO	HUMEDA D
		Perpendicular al aserrado	Kg/Cm <sup>2</sup>	(Cm)	(%)
CL <sub>2</sub> M <sub>1</sub>	25,6	567	132	35	0,24
CL <sub>2</sub> M <sub>2</sub>	-	630	136	35	0,30
CL <sub>1</sub> M <sub>1</sub>	29,0	697	172	45	0,31

**5.3 Definir el potencial de las rocas plutónicas presentes como rocas ornamentales, en función del color y la descripción macroscópica de las muestras.**

Antes de describir las muestras provenientes de los afloramientos, se describieron los afloramientos en sí, a grandes rasgos las características evidenciadas a simple vista estos detalles se muestran a continuación en la Tabla 5.15

Tabla 5.15 Ubicación y descripción macroscópica de afloramientos

AFLORAMIENTO	COORDENADAS U.T.M.		DESCRIPCION MACROSCÓPICA DEL AFLORAMIENTOS
	ESTE	NORTE	
LAJA I	474.505	892.600	Migmatita con textura de grano medio a grueso, color gris con rosado con algunos tonos rojizos, bandas máficas, rumbo de la foliación N20°W (474560E; 892687N, 155 msnm), buzamiento de ángulo alto. El color gris se intensifica hacia el norte del afloramiento. Meteorización esferoidal, con superficie de alteración de unos 30-40 cm

Continuación de la Tabla 5.15

AFLORAMIENTO	COORDENADAS U.T.M.		DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DEL AFLORAMIENTO
	ESTE	NORTE	
LAJA II	474.390	892.275	Migmatita de color gris con rosado, con tonos de rojo y bandas de colores que van del gris oscuro a gris claro, posible protolito granodiorita. Textura de grano grueso a medio. Meteorización esferoidal, alteración de unos 40 cm de espesor. Minerales observables con lupa son: feldespato potásico, cuarzo, biotita, plagioclasa. Foliación con rumbo N40°W.

Se seleccionó una muestra representativa por cada afloramiento rocoso para su análisis macroscópico de forma minuciosa y detallada, pudiéndose estimar a través de los estándares comerciales actuales su potencial como rocas ornamentales, las muestras se etiquetaron como  $M_{IAMCL_1}$  y  $M_{IAMCL_2}$  descritas a continuación.

### 5.3.1 Análisis Macroscópico muestra $M_{IAMCL_1}$

Por la heterogeneidad del afloramiento, la muestra de mano se ha analizado como una porción del mismo, clasificándose como gneis granodiorítico. Analizada con lupa binocular y aumento 10x resultó ser una roca fresca, dura, densa, heterogénea, de grano medio a grueso, con cierta orientación de los minerales máficos presentes, con puntos blancos y negros, abundante plagioclasa con evidencia de cataclasis. El afloramiento presenta bandas gnésicas y en menor proporción granate lo cual evidencia efectos de metamorfismo, sugiriendo alto grado, propio de la fase de las granulitas. Dentro de la clasificación comercial más usada (Granitos claros, negros o de colores especiales) se denominaría como granito claro, más precisamente como un granito gris, ampliamente usado en la industria ornamental.

### **5.3.2 Análisis Macroscópico muestra M<sub>1AMCL2</sub>**

La muestra de mano se ha clasificado como un gneis granítico. Analizada con lupa binocular y aumento 10x resultó ser una roca fresca, dura, densa, heterogénea, de grano medio a grueso, con cierta orientación de los minerales máficos presentes y de color rosado, con puntos blancos y negros, menos plagioclasa la muestra anterior, es decir, una tonalidad general más clara. El afloramiento presenta bandas gnéssicas con abundantes bandas de granate lo cual evidencia efectos de metamorfismo, sugiriendo alto grado propio de la fase de las granulitas, además de nódulos de plagioclasa que sugieren cataclasis. Dentro de la clasificación comercial más usada (Granitos claros, negros o de colores especiales) se denominaría como granito claro, más precisamente como un granito.

### **5.4 Elaboración del mapa geológico de la zona de estudio de los Cerros Laja I y Laja II.**

La actualización del mapa geológico de la zona de estudio, se desarrolló a partir de los mapas previos, que surgieron de la interpretación de las hojas cartográficas, las imágenes aéreas y satelitales, que mediante la verificación de campo pudieron ser corregidas, anexando datos como la dirección o rumbo de la foliación presente en rocas aflorantes, las elevaciones de varias zonas vírgenes además de las coordenadas y elevaciones de los puntos de muestreo. Estos datos fueron representados a través del software Auto CAD 2012, lo que permitió plasmarlos en una escala más apropiada correspondiente al estudio exploratorio realizado, además de permitir el posterior cálculo del área de los afloramientos denominados Cerro Laja I y Cerro Laja II, dando cumplimiento con el objetivo número 4 y parte del objetivo específico número 5 (Anexo 1).

## 5.5 Estimación de reservas y áreas de afloramientos rocosos de interés económico.

### 5.5.1 Área o Superficie ocupada por los afloramientos rocosos

De acuerdo a los cálculos realizados utilizando el programa Auto CAD 2012 y Surfer 13, el área ocupada por los afloramientos (Anexo 1), es de aproximadamente 48 hectáreas. Un resumen de los resultados y la totalización del área, se expone a continuación en la Tabla 5.16.

Tabla 5.16 Cálculo de área (por cerro) ocupada por los afloramientos rocosos

<b>AFLORAMIENTO</b>	<b>AREA (Hectáreas)</b>
CERRO LAJA I	14
CERRO LAJA II	34
<b>TOTAL</b>	<b>48</b>

### 5.5.2 Estimación de reservas

Para la estimación de reservas, en base al volumen neto de los afloramientos considerados para el cálculo, se utilizó el programa o software Surfer 13, tomando como verdadero o real el método del trapecoide. En tal sentido, las reservas mineras de roca granítica estimadas son de aproximadamente 3.870.465,6 metros cúbicos (Figura 5.8 y Figura 5.9), a continuación se muestran estos resultados en la Tabla 5.17.

Tabla 5.17 Resumen con estimación de reservas

<b>Afloramiento</b>	<b>Volumen neto aproximado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>40% de volumen neto (no útil) (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen útil aproximado (m<sup>3</sup>)</b>
Cerro Laja I	1.927.445,00	770.978,00	1.156.467,00

Continuación Tabla 5.17

Afloramiento	Volumen neto aproximado (m <sup>3</sup> )	40% de Volumen neto (no útil) (m <sup>3</sup> )	Volumen útil aproximado (m <sup>3</sup> )
Cerro Laja II	4.523.331,00	1809332,4	2.713.998,6
<b>Total</b>	$\Sigma$ : 6.450.776,00	$\Sigma$ : 2.580.310,4	$\Sigma$ : 3.870.465,6

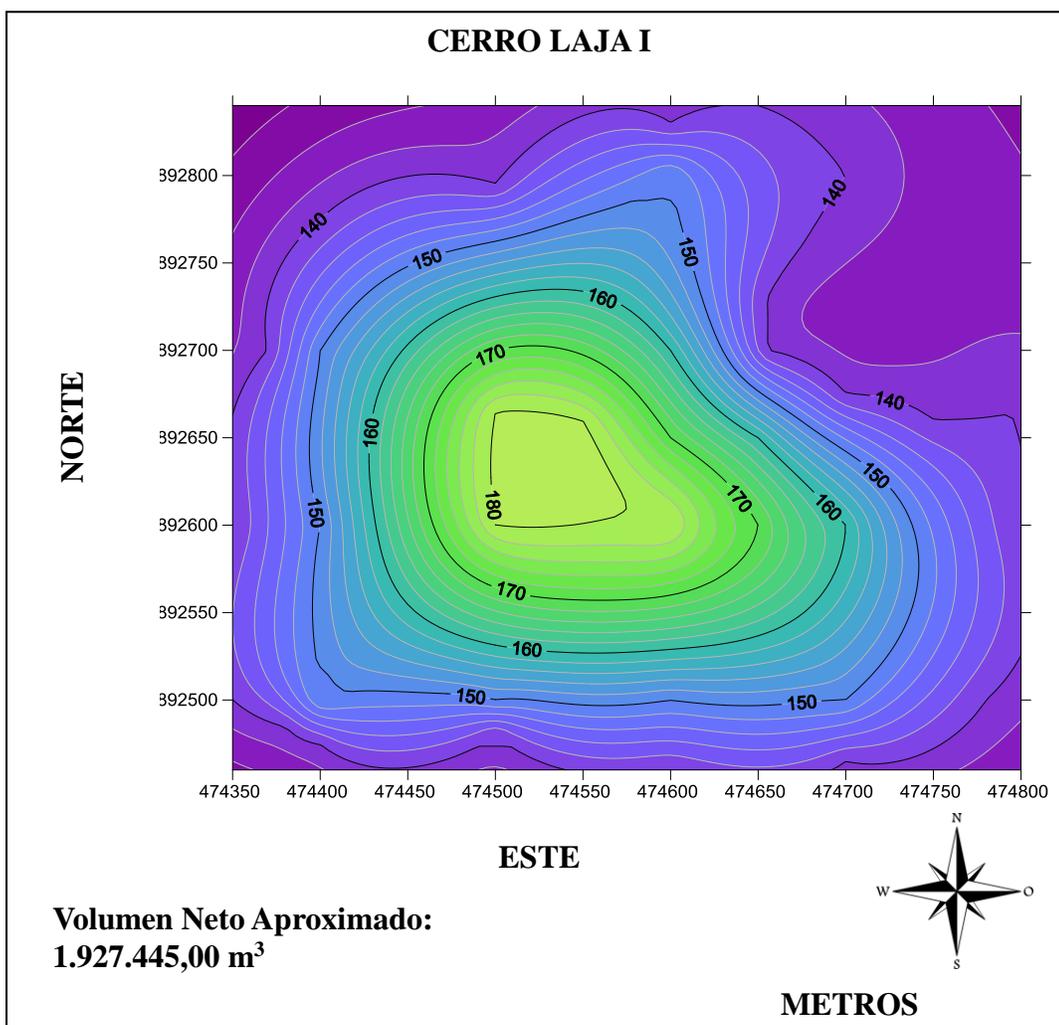


Figura 5.8 Topografía del Cerro Laja I

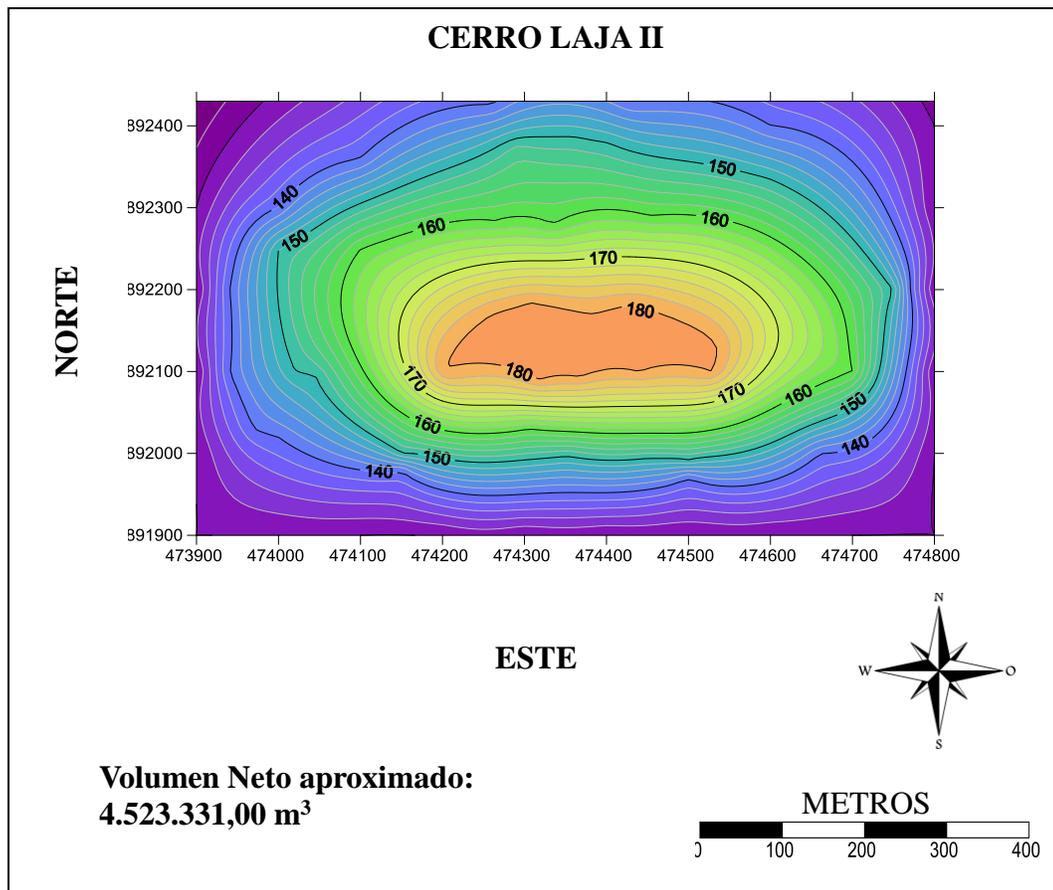


Figura 5.9 Topografía Cerro Laja II

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1 Los afloramientos rocosos Laja I y II, presentan gran heterogeneidad. Las rocas analizadas muestran efectos de metamorfismo regional de la facie de las granulitas (Migmatitas). Las secciones finas analizadas petrográficamente son, Gneises cuarzo-feldespáticos, con un alto potencial en la industria ornamental.

2 Geomecánicamente las rocas analizadas de los Cerros Laja I y Laja II, reflejaron características favorables, que las hacen aptas para ser utilizadas como rocas ornamentales.

3 Macroscópicamente las rocas de los afloramientos Laja I y Laja II muestran excepcional belleza, con una gama de colores atractiva en el mercado tanto Nacional como Internacional de las rocas ornamentales.

4 El mapa Geológico, ha sido un actualización y es contentivo de la situación presente en la zona de estudio.

5 La estimación de reservas de roca ornamental, de acuerdo a cálculos conservadores, se cuenta con un volumen útil de unos de 3.870.465 m<sup>3</sup>, y de considerarse una densidad de 2,6 g/cm<sup>3</sup> (en promedio) para estas rocas, serían unas 10.063.210 toneladas de roca ornamental, abarcando un área aproximada de 48 hectáreas.

## **Recomendaciones**

1. Explorar a mayor detalle, los afloramientos rocosos existentes en zonas aledañas a la zona de estudio, con la finalidad de definir con más claridad la variedad, textura, estructuras geológicas presentes (fallas, diaclasas, etc.) y los diferentes colores que puedan presentar estas rocas en toda su extensión.

2. Realizar mayor cantidad de puntos de muestreo para la caracterización de propiedades petromineralógicas y geomecánicas de la zona con una mayor precisión.

3. Realizar un estudio de factibilidad económica de la reactivación de la explotación de los afloramientos estudiados (Cerros Laja I y Laja II), además de su uso como adoquines y material de construcción.

4. Supervisión constante por parte de las autoridades ambientales en cualquier actividad de explotación, para hacer cumplir a la empresa ejecutora, las leyes o normas ambientales, con el propósito de minimizar el impacto ambiental en el área.

## REFERENCIAS

Arias, F. G. (2012) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Episteme, Caracas, Venezuela. pp 22 - 83.

Castaño, S. (2006) **MECÁNICA DE LOS DIAGRAMAS TERNARIOS: APLICACIÓN EN EL DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS IGNEAS DE STRECKEISEN**. Universidad de Castilla-La Mancha, Departamento de Ingeniería Geológica y Minera, Albacete, España, pp 407-409.

Castro Dorado, A. (1989) **PETROGRAFÍA BÁSICA TEXTURAS, CLASIFICACIÓN Y NOMENCLATURA DE ROCAS**. Editorial PARANINFO. Caracas, Venezuela. pp 18 - 20

Chase, R. L. (1965) **EL COMPLEJO DE IMATACA, LA ANFIBOLITA DE PANAMO, Y LA TRONJEMITA DE GURI, ROCAS PRECÁMBRICAS DEL CUADRILATERO DE LAS ADJUNTAS-PANAMO, ESTADO BÓLIVAR, VENEZUELA**. Boletín de Geología. Caracas, Venezuela pp 105 – 215.

C.V.G. Técnica Minera (C.V.G. TECMIN). (1991) **INFORME DE AVANCE. HOJAS NB-20-2 Y NC-20-14. GERENCIA DE PROYECTOS ESPECIALES - PROYECTO INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA REGIÓN DE GUAYANA**. Ciudad Bolívar. Venezuela Tomo 1, pp. 1-73.

Deere, D.U. y Miller, R.P. (1963-1966) **ENGINEERING CLASSIFICATION AND INDEX PROPERTIES FOR INTACT ROCKS. REPORT A.FWL-TR-65-116**. Air Force Weapons Laboratory (WLDC) Kirtland. Air Force Base, New México. pp 90-126.

Deere, D.U. y Miller, R.P. (1968) **ENGINEERING PROPERTIES OF ROCK. CAP. 1. ROCK MECHANIC**. New York.

Fuentes, V y Griffit, A. (2010) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, GEOTECNICA E HIDROLÓGICA DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO CAÑAFÍSTOLA CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE ENTRE EL SECTOR CAÑAFISTOLA I Y EL BARRIO VENEZUELA, MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR**. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela, Trabajo de grado no publicado, pp12 – 17

Gómez, M. (2007). **GEOLOGIA DE SUPERFICIE, EVALUACIÓN GEOTÉCNICA Y ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE ROCAS PLUTÓNICAS**

**CON FINES ORNAMENTALES, UBICADAS AL ESTE DEL SECTOR RÍO CLARITO, MUNICIPIO AUTÓNOMO RAÚL LEONI, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA.** Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela, Trabajo de grado no publicado.

González de Juana, C.; Iturralde, J.; Picard, X. (1980) **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS.** Editorial FONINVES. Caracas, Venezuela. Vol.1. pp 31 – 38

Hidalgo, I. y Moreno, J. (2010) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMECAÁNICA CON FINES ORNAMENTALES DE LAS ROCAS AFLORANTES EN LA SERRANIA EL OSO, UBICADA EN EL MUNICIPIO CEDEÑO, CAICARA DEL ORINOCO - ESTADO BOLÍVAR.** Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Estado Bolívar, Venezuela.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH). (2017) **HISTORICO DE DATOS, ESTACIONES METEOROLÓGICAS.** Consulta de datos. Estación meteorológica de Ciudad Bolívar, Estado Bolívar, Venezuela.

Kalliokoski, S. (1965) **GEOLOGÍA DE LA PARTE NORTE CENTRAL DEL ESCUDO DE GUAYANA, VENEZUELA.** Dirección de Geología, Boletín Geológico, Volumen 7. N: 13. pp 29-104.

Laboratorio Oficial para Ensayo de Materiales de Construcción (LOEMCO). (1996) **MANUAL DE ROCAS ORNAMENTALES: PROSPECCIÓN, EXPLOTACIÓN, ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN.** Editorial E.T.S. de ingenieros de minas de Madrid. Madrid, España.

Machado, C. (2010) **ESTUDIO GEOLÓGICO Y EVALUACIÓN DEL YACIMIENTO GRANÍTICO UBICADO EN EL FUNDO CAPURIPIA, MUNICIPIO SUCRE, ESTADO BOLÍVAR.** Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela, Trabajo de grado no publicado.

Méndez, J. (2006) **PETROLOGÍA-AMBIENTES SEDIMENTARIOS PDVSA-INTEVEP,** Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, pp 77-106.

Mendoza, V. (2000) **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA.** Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra. Ciudad Bolívar, Venezuela. pp 6-18.

Mendoza, V. (2005) **GEOLOGIA DE VENEZUELA**. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela pp 51-68.

Mendoza, V. (2012) **GEOLOGÍA DE VENEZUELA** Gran Colombia Gold Corp., 2ª edición, Bogotá, Colombia, Tomo 1.

Orsetti, M. y Romero, Y. (2005) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO CANDELARIA EN ÉPOCA DE SEQUÍA AÑO 2005**. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela, Trabajo de grado no publicado.

Patton, M. Q. (1996) **UTILIZATION-FOCUSED EVALUATION**. Thousand Oaks Sage, 3ª Edition, Estados Unidos, pp 23.

Petróleos de Venezuela-Instituto de Tecnología Venezolana para el Petróleo (PDVSA-INTEVEP). (1997–2005) **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA**. Versión Digitalizada.

Regueiro, M. y González, B. (2008) **NORMATIVA TÉCNICA DE PIEDRA NATURAL**. Instituto Geológico y Minero de España, 20 de Marzo de 2017, [[http://www.inti.gob.ar/ue/proyecto2003/pdf/normativa t cnica de piedra natural.pdf](http://www.inti.gob.ar/ue/proyecto2003/pdf/normativa_tcnica_de_piedra_natural.pdf)].

Walker, J. (2008) **AUTOCAD VERSIÓN 17.2**. AUTODESK. Estados Unidos.

Whitten, D.G.A. y Brooks, J.R.V. (1972) **DICCIONARIO GEOLÓGICO**. Middlesex, Inglaterra pp 364.

## **APÉNDICES**

**APÉNDICE A**  
**NORMAS EMPLEADAS**

## A. 1 NORMAS U.N.E. EMPLEADAS EN LA INVESTIGACIÓN

**Peso específico aparente y coeficiente de absorción de agua (Norma U.N.E. 22-172):** estas dos características se obtienen a partir de un mismo ensayo y entre ambas existe una relación inversa. Para un mismo tipo de roca, cuanto mayor sea el peso específico aparente, menor es la porosidad y por tanto, menor será el coeficiente de absorción de agua, por el contrario a menor peso específico aparente, mayor porosidad, mayor coeficiente de absorción de agua. Cuando una roca absorbe más agua, sus minerales serán más susceptibles al ataque por la propia agua o por otros agentes químicos, y para un mismo tipo de roca, aquella que sea más porosa presentará valores más bajos de resistencia a esfuerzos mecánicos.

**Resistencia a la compresión (Norma U.N.E. 22-175):** la resistencia a la compresión debe conocerse siempre y cuando la roca tenga que soportar cargas altas, durante el transporte, en su utilización, como para su almacenamiento. En general, puede decirse que las rocas empapadas en agua resisten menos que cuando están secas, y que las rocas estratificadas resisten más cuando el esfuerzo se ejerce en dirección normal a la estratificación que cuando se ejerce paralelamente.

**Resistencia a la flexión (Norma U.N.E. 22-176):** este esfuerzo está presente principalmente en el caso de las pizarras de techar, y en algunos de los mármoles y granitos cortados en láminas, como por ejemplo dinteles y peldaños de escaleras. Es de particular relevancia en el caso de revestimiento exterior de edificios altos por los empujes a que son sometidas las láminas por la acción del viento. Si un elemento tiene que trabajar contra la flexión se producirán tracciones en algunas de sus partes, y las rocas resisten mal las tracciones. Por tanto, si los esfuerzos que ha de soportar una lámina son elevados o los apoyos están muy separados habrá que dotarla de un borde o espesor grande.

**Resistencia al choque (Norma U.N.E. 22-179):** Su valor, es importante para una roca que vaya a ser empleada en recubrimiento de columnas, peldaños de escaleras o en mostradores, aunque las rotura de las láminas se suele producir generalmente en zonas próximas a los vértices, por problemas de asentamiento que ponen en evidencia un esfuerzo de flexión u otro efecto de rotura, más que un impacto producido por la caída de objetos.

**Resistencia al desgaste (Norma U.N.E. 22-173):** el valor a la resistencia al desgaste por abrasión hará que una roca sea más apropiada para ser empleada en pavimentos que vayan a estar sometidos a tráfico intenso, que otra; por el contrario, sus costos de transformación, elaboración y pulimento serán mayores.

**APÉNDICE B**  
**ANÁLISIS GEOMECÁNICOS**

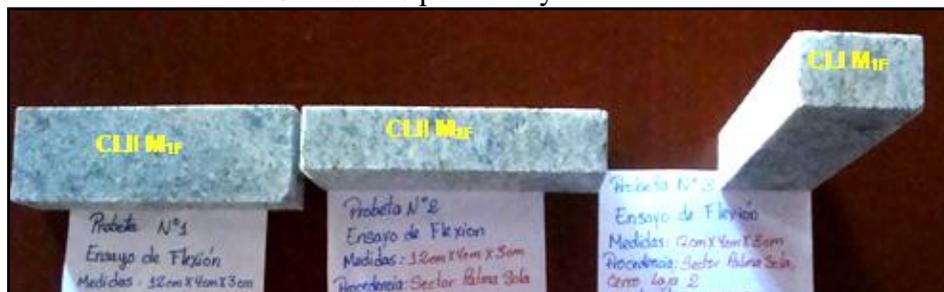
### B.1 Muestra pulida para evaluar potencial ornamental



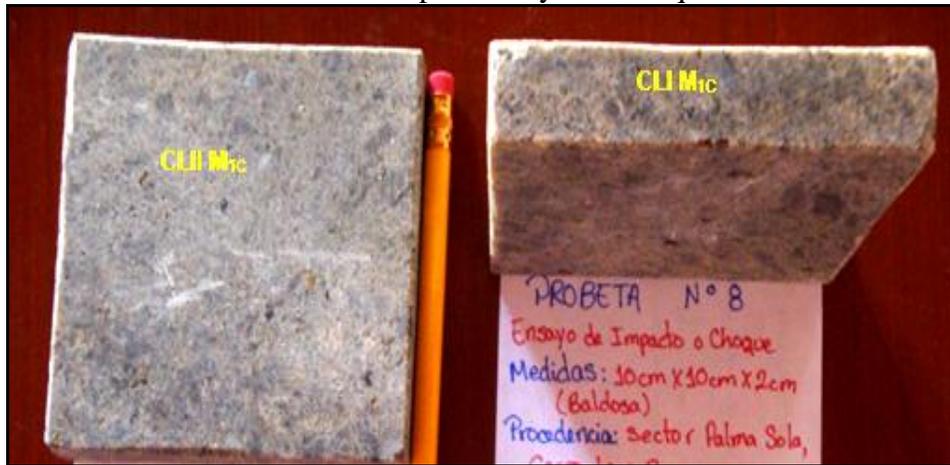
### B.2 probetas para ensayo de Compresión Simple



### B.3 Probetas para ensayo de Flexión



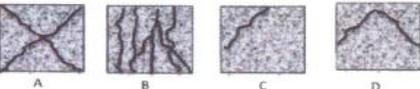
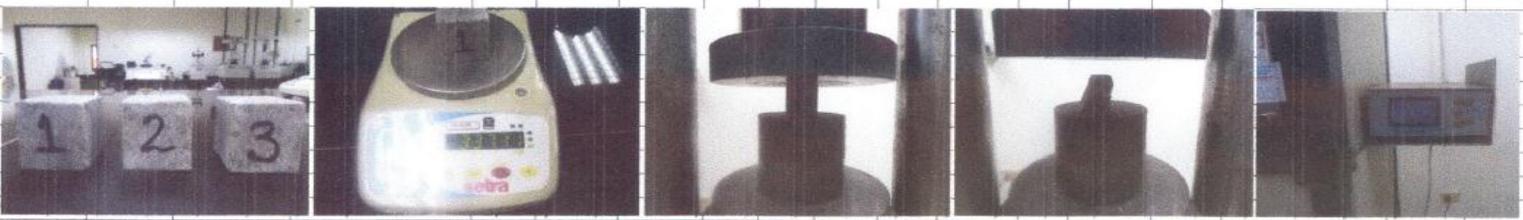
#### B.4 Probetas para ensayo de Choque



#### B.5 Variedad de tonalidades de las rocas en la zona de estudio



## B.6 Resultados del ensayo de Compresión Simple

 <p style="font-size: small;">INGENIERIA DE INSPECCION Y CONTROL DE CALIDAD +59502549-2</p>	<b>ENSAYOS A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CUBICAS DE ROCA NATURAL</b> Designación normas (COVENIN 1465) (ASTM C170)		FORMATO ING-CON-03 Fecha elab. 2002 Última rev. _____																								
	UD 321, Zona Industrial Matanzas Sur, Edif. Ingecontrol. Telf. 0286-9941884 / 9941883 Fax. 0286-9941347 E-mail: laboratorio@ingecontrol.com																										
	Página		1 de 1																								
OBRA: <u>Tesis de Grado</u>		UBICACIÓN: <u>CIUDAD BOLIVAR - ESTADO BOLIVAR</u>	EMPRESA: <u>U.D.O</u>																								
Tipos de fracturas más comunes observadas, después del ensayo 		Características de los equipos utilizados para el ensayo <table border="1" style="width: 100%; font-size: x-small;"> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center;">Prensa</td> <td>Marca:</td> <td>IBERTEST</td> <td rowspan="4" style="text-align: center;">Balanza</td> <td>Marca:</td> <td>Balanza digital ohaus</td> </tr> <tr> <td>Modelo</td> <td>CMP-150</td> <td>Modelo / tipo:</td> <td>EC-30</td> </tr> <tr> <td>Serial N°</td> <td>1235</td> <td>Serial N°:</td> <td>80313810519</td> </tr> <tr> <td>Fecha de Calibración</td> <td>14 de febrero de 2017</td> <td>Fecha de calibración:</td> <td>10 de febrero de 2017</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Certificado de calibración N°:</td> <td>LCF-0411</td> <td></td> <td>Certificado de calibración N°:</td> <td>LCM-0581</td> </tr> </table>		Prensa	Marca:	IBERTEST	Balanza	Marca:	Balanza digital ohaus	Modelo	CMP-150	Modelo / tipo:	EC-30	Serial N°	1235	Serial N°:	80313810519	Fecha de Calibración	14 de febrero de 2017	Fecha de calibración:	10 de febrero de 2017		Certificado de calibración N°:	LCF-0411		Certificado de calibración N°:	LCM-0581
Prensa	Marca:	IBERTEST	Balanza		Marca:	Balanza digital ohaus																					
	Modelo	CMP-150			Modelo / tipo:	EC-30																					
	Serial N°	1235			Serial N°:	80313810519																					
	Fecha de Calibración	14 de febrero de 2017		Fecha de calibración:	10 de febrero de 2017																						
	Certificado de calibración N°:	LCF-0411		Certificado de calibración N°:	LCM-0581																						
PROBETA NUMERO																											
Laboratorio	Campo	Fecha de toma	Descripción	Edad (días)	Hora de ensayo	Fecha de ensayo	MEDIDAS (cm)			Peso (gf)	Volumen (cm³)	Área (cm²)	Densidad (Kg/m³)	Carga de ruptura (Kg)	Resistencia obtenida (Kg/cm²)	Resistencia requerida (Kg/cm²)	% obt.	Tipo de fract.									
1	1		M1			15-05-17	5,11	5,09	5,02	337,1	130,57	26,01	2.582	14.750	567			B									
2	2		M2			15-05-17	5,03	5,01	5,11	337,1	128,77	25,20	2.618	15.870	630			B									
3	3		M3			15-05-17	5,07	5,06	5,10	333,8	130,84	25,65	2.551	17.880	697			B									
																											
OBSERVACIONES:																											
Inspección Nombre: _____ Representante: _____ Fecha: <u>15-sep-16</u>						Contratista U.D.O Alasska Carrillo Fecha: <u>15-may-17</u>						Ingecontrol Ensayado por: <u>Julio Gonzalez</u> Realizado por: <u>Jesús Álvarez</u> Revisado por: <u>Lucas Carrillo</u> Fecha: <u>15-09-16</u> 															
Firma						Firma						Firma															

## B.7 Resultados del ensayo de Flexión

 <b>INGECONTROL</b> <small>INGENIERIA DE INSPECCION Y CONTROL DE CALIDAD I-09502546-2</small>		<b>ENSAYOS A LA FLEXIÓN POR TRACCIÓN EN MUESTRA DE PIEDRA NATURAL</b> Designación normas (COVENIN 342 - 340) ( ASTM C78)											
Título: RESISTENCIA A TRACCIÓN POR FLEXIÓN						Fecha: 15/05/2017							
Cliente: U.D.O				Contrato:				Página: 1 de 1					
Proyecto: Tesis de Grado						Procedencia de la Muestra: Cantera Palma Sola, Sector Palma sola - Edo. Bolívar							
Ubicación: Carretera Vieja Cd. Bolívar - Puerto Ordaz						Elaborado por: Julio Gonzalez / Laboratorio							
Mezcla:				Muestra: ROCA NATURAL				Doc. Referencia: COVENIN 342, 340 / ASTM C78					
Modulo de rotura por diseño:		N° Laboratorio:											
N° de Ensayo	Descripción	Fecha de Toma	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Peso	Ancho cm. (b)	Altura cm. (h)	Luz cm. (L)	Largo Total cm. (LT)	Carga kg. (P)	P · L (kg/cm)	b · h <sup>2</sup> (cm <sup>3</sup> )	Modulo de Rotura kg/cm <sup>2</sup> (fr)
1	M1		15/05/2017		320,4	4,00	2,50	10	12	330,00	3.300,00	25	132
2	M2		15/05/2017		312,2	4,00	2,50	10	12	340,00	3.400,00	25	136
3	M3		15/05/2017		309,6	4,00	2,50	10	12	430,00	4.300,00	25	172
													
a = Distancia entre la falla y el apoyo mas cercano con respecto al eje. $f_r = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2}$ Si la falla ocurre en el tercio medio de la luz. $f_r = \frac{3 P a}{b \cdot h^2}$ Si la falla ocurre fuera del tercio medio de la luz y a una distancia no menor de 5%.													
<b>Observaciones:</b>													
<b>Inspeccion</b>				<b>Constratista</b>				<b>Ingecontrol</b>					
Nombre: _____				Nombre: U.D.O				Tecnico Laboratorista: Julio Gonzalez					
Representante: _____				Tesisista: Alberto Salazar				Representante: _____					
Fecha: 15/05/2017				Fecha: 15/05/2017				Fecha: 15/05/2017					
Firma _____				Firma _____				Firma _____					
								Realizado por: _____ Revisado por: _____ Aprobado por: _____					

### B.8 Resultado del ensayo de Abrasión

<b>ENSAYO DE ABRASIÓN O DEGASTE EN MUESTRA DE PIEDRA NATURAL</b> <b>Designación normas (COVENIN 267-78) (ASTM C131)</b>																			
<b>Título:</b> RESISTENCIA AL DEGASTE POR ABRASIÓN																			
<b>Cliente:</b> U.D.O.				<b>Contacto:</b> 0414-8300043				<b>Fecha:</b> 20/05/2017											
<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado								<b>Página:</b> 1 de 1											
<b>Ubicación:</b> Carretera Vieja Cd. Bolívar - Puerto Ordaz						<b>Procedencia de la Muestra:</b> Cantera Palma Sola, Sector Palma sola, -Edo. Bolívar													
<b>Muestra:</b> ROCA NATURAL																			
<b>Doc. Referencia:</b> COVENIN 267-78 / ASTM C131																			
Descripción	Fecha de Ensayo	Retenido (gr)				Peso Total(gr)	N° de Esferas	N° de Rev.	Tiempo de Rotación(min)	Peso final (gr)	% Desgaste								
		1"	3/4"	1/2"	3/8"														
M1	20/05/2017		2500	2498		4998	11	500	15	3549	29,0								
M2	20/05/2017		2501	2503		5004	11	500	15	3723	25.6								
						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Realizado por:</b></td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td><b>Revisado por:</b></td> <td><i>Pedro Ramirez</i></td> </tr> <tr> <td><b>Aprobado por:</b></td> <td><i>Rosmarie Mendez</i></td> </tr> <tr> <td><b>Fecha:</b></td> <td><i>20/05/17</i></td> </tr> </table>						<b>Realizado por:</b>		<b>Revisado por:</b>	<i>Pedro Ramirez</i>	<b>Aprobado por:</b>	<i>Rosmarie Mendez</i>	<b>Fecha:</b>	<i>20/05/17</i>
<b>Realizado por:</b>																			
<b>Revisado por:</b>	<i>Pedro Ramirez</i>																		
<b>Aprobado por:</b>	<i>Rosmarie Mendez</i>																		
<b>Fecha:</b>	<i>20/05/17</i>																		
						<b>EMPRESA DE CONSTRUCCION</b> <b>SAN ANTONIO, C.A.</b> R.I.F.: J-29603332-3													

B.9 Resultados del ensayo de Impacto o Choque

<b>ENSAYO DE IMPACTO O CHOQUE EN MUESTRA DE PIEDRA NATURAL</b> <b>Designación normas (UNE-EN 14 1 58)</b>									
<b>Título:</b> Ensayo de impacto o choque									
<b>Cliente:</b> U.D.O.				<b>Contacto:</b> 0414-8300043			<b>Fecha:</b> 21/05/2017		
<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado							<b>Página:</b> 1 de 1		
<b>Ubicación:</b> Carretera Vieja Cd. Bolívar - Puerto Ordaz				<b>Procedencia de la Muestra:</b> Cantera Palma Sola, Sector Palma sola, -Edo. Bolívar					
<b>Muestra:</b> ROCA NATURAL									
<b>Doc. Referencia:</b> COVENIN 335-80 / ASTM C497-77									
MUESTRA	ALTURA DE CAIDA (Cm)								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
M1							X		
M2							X		
M3									X
<b>Realizado por:</b>				<i>Pedro ROMIREZ</i> <i>Rosmarie Romo</i> C.IV 59 239 27611 <b>EMPRESA DE CONSTRUCCION</b> <b>SAN ANTONIO, C.A.</b> R.I.F.: J-29603332-3					
<b>Revisado por:</b>									
<b>Aprobado por:</b>									
<b>Fecha:</b> 21/05/17									

B.10 Resultados del ensayo de Absorción de Agua

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA EN MUESTRA DE PIEDRA NATURAL Designación normas (COVENIN 335-80) (ASTM C497-77)								
<b>Título:</b> HUMEDAD O ABSORCIÓN DE AGUA								
<b>Cliente:</b> U.D.O.	<b>Contacto:</b> 0 414-8300043		<b>Fecha:</b> 21/05/2017					
<b>Proyecto:</b> Tesis de Grado			<b>Página:</b> 1 de 1					
<b>Ubicación:</b> Carretera Vieja Cd. Bolívar - Puerto Ordaz	<b>Procedencia de la Muestra:</b> Cantera Palma Sola, Sector Palma sola, -Edo. Bolívar							
<b>Muestra:</b> ROCA NATURAL								
<b>Doc. Referencia:</b> COVENIN 335-80 / ASTM C497-77								
MUESTRA	PESO		% ABSORCIÓN					
	SECO $W_{Seco}$	HÚMEDO $W_h$						
M1	96,93	97,16	0,24					
M2	124,17	124,54	0,30					
M3	22,35	22,42	0,31					
<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 150px;"><b>Realizado por:</b></td> <td rowspan="4" style="vertical-align: middle;"> <i>Pedro Ramirez</i>  <i>Losman</i> EMPRESA DE CONSTRUCCION  <b>SAN ANTONIO, C.A.</b>                      R.I.F.: J-29603332-3                 </td> </tr> <tr> <td><b>Revisado por:</b></td> </tr> <tr> <td><b>Aprobado por:</b></td> </tr> <tr> <td><b>Fecha:</b></td> </tr> </table>				<b>Realizado por:</b>	<i>Pedro Ramirez</i> <i>Losman</i> EMPRESA DE CONSTRUCCION <b>SAN ANTONIO, C.A.</b> R.I.F.: J-29603332-3	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Realizado por:</b>	<i>Pedro Ramirez</i> <i>Losman</i> EMPRESA DE CONSTRUCCION <b>SAN ANTONIO, C.A.</b> R.I.F.: J-29603332-3							
<b>Revisado por:</b>								
<b>Aprobado por:</b>								
<b>Fecha:</b>								

## B.11 Corte de las muestras en Probetas

 Gobierno Bolivariano  
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular de  
Desarrollo Minero Ecológico

Instituto Nacional de Geología  
y Minería (INGEOMIN)

2017 - 2017  
**ZAMORA**  
UNIÓN CIVICO MILITAR

SS/INRG- 016

Ciudad Bolívar, 10 de Mayo 2017

Br.:

**ALLASKA CARRILLO**

Presente;

Me es grato dirigirme a usted en la oportunidad de atender su solicitud N° SS-011-2017, en la cual requiere la preparación de una (01) muestra para la realización de: cubos y baldosas

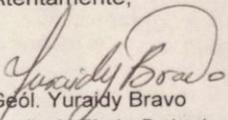
En este sentido se le hace entrega de:

- 03. Cubos
- 03. Regletas
- 02. Baldosas

Quedando pendiente dos (02) baldosas pulidas.

Sin más que referir, y quedando a sus gratas órdenes, me despido.

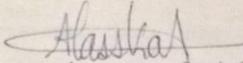
Atentamente,

  
Geól. Yuraidy Bravo  
Coordinador Técnico Regional  
Desde el 16/12/2016, según Oficio N° 371, INGEOMIN  
De fecha 14/12/2016, emitido por la  
Gerencia de Recursos Humanos INGEOMIN

YB/EF

C.c. Archivo de la Región



  
11-05-2017



INGEOMIN, Caracas, Avenida Leona, Parque Central, Torre Oeste, Piso 5. Número de teléfono: 0212- 5570803. Número de fax: 0212- 5570860

R.L.F. G- 20007863-3 Página web: www.ingemin.gov.ve

## **ANEXOS**

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

<b>Título</b>	EVALUACIÓN PETROMINERALÓGICA Y DE PROPIEDADES GEOMECÁNICAS CON FINES ORNAMENTALES, DE LAS ROCAS PLUTÓNICAS DE LOS CERROS LAJA I Y II, SECTOR PALMA SOLA, MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR.
<b>Subtítulo</b>	

### Autor(es)

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
Carrillo B., Alasska V.	<b>CVLAC</b>	23.817.477
	<b>e-mail</b>	alasskacarrillo@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
Salazar J., Alberto L.	<b>CVLAC</b>	18.236.673
	<b>e-mail</b>	Salazaralberto88@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

### Palabras o frases claves:

Evaluación petromineralógica
Evaluación geomecánica
Rocas ornamentales
Palma Sola
Rocas plutónicas
Estimación de reservas

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

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias de la Tierra	Ingeniería Geológica
Ciencias de la Tierra	Geología

### Resumen (abstract):

Esta investigación consistió en la evaluación de los afloramientos rocosos Laja I y Laja II, para determinar sus características petromineralógicas y propiedades geomecánicas, con el fin de comprobar su aptitud para la explotación como recurso mineral no metálico; en este caso como material ornamental y estimar el volumen explotable. Para llevar a cabo esta evaluación se cumplió con el desarrollo de una metodología, enmarcada en una exploración geológica de campo, donde se accedió a los Cerros Laja I y Laja II, presentes en el sector Palma Sola del Municipio Heres del Estado Bolívar; haciendo un reconocimiento del área de estudio, realizando así la toma de datos de las distintas características presentes tales como; relieve, suelo, vegetación, la ubicación satelital (G.P.S.), y un número de veinte (20) muestras representativas, necesarias para dar inicio a una posterior fase de laboratorio donde la evaluación se realizó a través de ensayos geomecánicos (compresión simple, flexión, impacto o choque, abrasión, humedad) aplicados a 16 probetas provenientes de las muestras de roca fresca representativas de los cerros antes mencionados, dando fiel seguimiento de las normas internacionales para rocas ornamentales. Una Norma Española (UNE), obteniendo resultados positivos en los ensayos, los cuales nos permiten clasificar las muestras representativas de los cerros como un material altamente competente para este fin; además de análisis petrográficos de secciones finas, esenciales para su clasificación según el gráfico de Streckeisen, y análisis macroscópico de roca fresca y roca pulida, con los cuales también se pudo evidenciar el potencial y belleza de estas rocas plutónicas, para su comercialización como materia prima en este amplio mercado de las rocas ornamentales, los resultados de laboratorio conjuntamente con los de campo, adicionados al mapa geológico de la zona permitieron calcular unas reservas estimadas de 3.870.465,60 m<sup>3</sup> con una densidad promedio de 2,6 gr/cm<sup>3</sup> los cuales representan 10.063.210,56 Toneladas de roca ornamental.

---

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

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
<b>Gómez, Miguel</b>	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	4.031.652
	e-mail	ing_miguelgomezh@yahoo.com
	e-mail	
<b>Bandini, Anna</b>	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	12.601.683
	e-mail	bandinianna@hotmail.com
	e-mail	
<b>Salazar, Edixon</b>	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	4.910.127
	e-mail	
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

### Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2018	02	02

Lenguaje: spa

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

**Archivo(s):**

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis- Evaluación petromineralógica y de propiedades geomecánicas con fines ornamentales, de las rocas plutónicas de los cerros laja I y II, sector Palma Sola, Municipio Heres, Estado Bolívar.doc	Application/msword

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 \_ - .**

**Alcance:**

**Espacial:** \_\_\_\_\_ (Opcional)

**Temporal:** \_\_\_\_\_ (Opcional)

**Título o Grado asociado con el trabajo:** Ingeniero Geólogo

**Nivel Asociado con el Trabajo:** Pre-Grado

**Área de Estudio:** Departamento de Ingeniería Geológica

**Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:** Universidad de Oriente

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



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

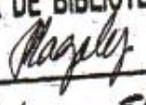
Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

  
**JUAN A. BOLANOS CUATELCASAS**  
Secretario



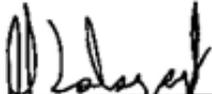
UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
SISTEMA DE BIBLIOTECA  
RECIBIDO POR   
FECHA 5/8/09 HORA 5:20

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

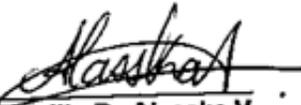
JABC/YGC/manija

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

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



Salazar J., Alberto L.  
C.I. 18.236.673



Carrillo B., Alasska V.  
C.I. 23.817.477



TUTOR  
Gómez, Miguel