

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



**CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA Y TECNOLÓGICA DE
MUESTRAS DE MINERAL DE HIERRO DE LA MINA LOS
BARRANCOS DEL CUADRILÁTERO FERRÍFERO SAN ISIDRO
UBICADO EN EL MUNICIPIO BOLIVARIANO ANGOSTURA,
CIUDAD PIAR, ESTADO BOLÍVAR.**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR LA BACHILLER
CARRANZA G.,
PATRICIA K., PARA
OPTAR AL TÍTULO DE
GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, ABRIL 2010

HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, intitulado: **“Caracterización mineralógica y tecnológica de muestras de mineral de hierro de la Mina Los Barrancos del Cuadrilátero Ferrífero San Isidro ubicado en el Municipio Bolivariano Angostura, Ciudad Piar, estado Bolívar”**, presentado por la bachiller: **Carranza G. Patricia K.**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

Profesor María Sampol
(Tutor Académico)

Profesora Rosario Rivadulla
Jefe del Departamento de Geología

Ciudad Bolívar ____ de _____ 2010.

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo especialmente mis padres Hugo Carranza y Clelia Gonzales, por darme todo su apoyo y motivos para seguir adelante.

A mis hermanos Jennifer, Víctor Hugo, José Antonio, a la familia Marín (realmente muchas gracias), a toda mi familia y amigos que siempre estuvieron muy pendientes y dándome todo su apoyo y comprensión.

Patricia K. Carranza G.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Oriente por ser mi Casa de Estudio, a todos los profesores que son parte fundamental de éste logro en especial a mi tutora académica la profesora María Sampol por prestarme todo su apoyo en este trabajo.

A la empresa C.V.G Ferrominera Orinoco, por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de grado, a mi tutora industrial Giongyi Tihor por toda su colaboración y paciencia, al Señor José Vargas (de verdad muchas gracias), al Señor Gamarra, Señor Carlos Torrealba, por confiar en mí y darme la oportunidad de trabajar con ellos.

A los compañeros de oficina en especial a Ana, María, Yipsy, Iliana, Carmencita, Adriana, Katy, Williams, al señor Fuenmayor, al señor José, Yoel, Erick, a mis amigos los pasantes y a todos los que colaboran de una u otra manera, muchísimas gracias.

A mis amigos de muchos años y a mis amigos de la universidad.

Y a mis padres y a mis tíos José V., Javier M., y Yelitza M., por darme toda su colaboración y apoyo.

Patricia K. Carranza G.

RESUMEN

Este trabajo de grado está orientado a la caracterización mineralógica y tecnológica del mineral de hierro de la Mina Los Barrancos ubicados entre los 63° 10' de longitud Oeste y los 7° 25' de latitud Norte, específicamente en los alrededores de Ciudad Piar, Municipio Bolivariano Angostura, estado Bolívar. La materia prima utilizada en los diferentes procesos siderúrgicos y de concentración es suministrada por C.V.G Ferrominera Orinoco de los diferentes frentes de explotación, lo cual ocasionada alta variabilidad en las características físicas, químicas y mineralógicas del mineral. Se seleccionaron muestras de mineral de hierro de C.V.G Ferrominera Orinoco entre Finos y Costras. Se realizaron caracterizaciones mineralógicas y tecnológicas, a las muestras seleccionadas de la mina Los Barrancos con el propósito de establecer un lenguaje común entre la industria de extracción del mineral de hierro y la siderurgia, transmitiendo información en el punto de vista tanto genético, como comportamiento mineralógico en los diferentes procesos siderúrgicos. Para la caracterización mineralógica las muestras se prepararon en baquelitas con la ayuda en conjunto con el laboratorio mineralógico de la empresa SIDOR mediante embutido en frío se separan en fracciones de 100, 200, 325 y -325 mesh para luego ser analizadas con microscopio de luz polarizante, atendiendo los criterios de caracterización tecnológica del mineral de hierro, identificando por cada fracción un mínimo de 500 partículas, y luego realizar los cálculos para establecer los porcentajes en peso de cada mineral en función del volumen de mineral encontrado en cada fracción volumétrica. Las muestras fueron analizadas en la empresa CVG Ferrominera Orinoco, entre los minerales de la mena presentes en las muestras asignadas se encuentran la Hematita, Magnetita, Hematita de origen secundario, Agregados, Goetita y entre los minerales de la ganga se encuentran la Gibbsita y el Cuarzo. Con la caracterización tecnológica de mineral fino de hierro se podrá predecir el comportamiento de este durante los diferentes procesos de concentración.

CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Situación u objeto de estudio.....	3
1.2 Objetivos de la investigación	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Justificación de la investigación.....	4
1.4 Limitaciones de la investigación	4
CAPÍTULO II	5
GENERALIDADES	5
2.1 Reseña histórica de la empresa.....	5
2.2 C.V.G Ferrominera Orinoco.....	6
2.3 Ubicación geográfica.....	7
2.4 Características físicas y naturales	8
2.4.1 Topografía de la Zona	8
2.4.2 Vegetación.....	8
2.4.3 Clima y precipitación	8
2.4.4 Hidrografía	9
2.4.5 Geomorfología	9
2.5 Geología general	9
2.6 Geología regional	11
2.7 Geología local	13
2.8 Geología estructural regional	15
2.9 Origen del mineral.....	15

2.10 Génesis de los yacimientos.....	16
2.11 Cuadrilátero Ferrífero San Isidro.....	17
2.11.1 Cerro San Isidro	18
2.11.2 Cerro Los Barrancos.....	18
2.11.3 Cerro San Joaquín	19
2.11.4 Cerro Las Pailas	20
2.12 Tipos litológicos de menas de hierro presentes en el Distrito Ferrífero Piar.....	20
2.12.1 Menas de alto tenor (>55% de Fe Seco).....	21
2.12.2 Menas de bajo tenor (<55% de Fe Seco).....	24
2.12.3 Estéril	26
2.13 Menas y rocas del Distrito Ferrífero Piar	27
2.14 Proceso de elaboración de los productos de mineral de hierro comercializado por C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A	28
2.15 Homogeneización y mezcla de materiales.....	28
2.16 Influencia de la composición de los minerales de hierro.....	29
2.16.1 Sílice (SiO ₂).....	29
2.16.2 Alúmina (Al ₂ O ₃)	29
2.16.3 Pérdida por calcinación (PPC)	30
2.16.4 Fósforo (P)	30
2.17 Principales características químicas de los tipos de menas	30
CAPÍTULO III.....	32
MARCO TEÓRICO.....	32
3.1 Antecedentes de la investigación.....	32
3.2 Mineral	34
3.3 Clasificación de los minerales de hierro.....	34
3.4 Caracterización tecnológica	35
3.5 Método para el análisis mineralógico.....	35
3.6 Análisis mineralógico.....	35
3.7 Luz polarizada.....	36
3.8 Microscopio petrográfico	37
3.9 Propiedades de los minerales en luz reflejada.....	38
3.10 Observación cualitativa de las propiedades ópticas.....	39
3.10.1 Reflectividad	39
3.10.2 Contorno y forma	40
3.10.3 Color.....	40
3.10.4 Pleocroísmo.....	41

3.10.5 Brillo	41
3.10.6 Dureza	41
3.10.7 Elongación.....	42
3.10.8 Exfoliación	42
3.10.9 Extinción	42
3.11 Forma de los cristales	44
3.12 Tamaño de grano	44
3.13 Crecimiento zonal	45
3.14 Maclas	45
3.14.1 Maclas de inversión.....	45
3.14.2 Maclas de crecimiento.....	46
3.14.2 Maclas de deformación	46
3.15 Relieve.....	47
3.16 Textura	47
3.17 Velocidad de la luz.....	47
3.18 Ley de Snell.....	48
3.19 Ley de la reflexión.....	48
3.20 Minerales existentes	48
3.20.1 Hematita	48
3.20.2 Hematita de origen secundario (Martita).....	49
2.20.3 Magnetita (MAGN).....	50
3.20.4 Goetita (GOE)	50
3.21 Características estructurales	51
3.22 Metamorfismo	53
3.23 Tipos de metamorfismo.....	53
3.23.1 Metamorfismo local. De poca extensión.....	54
3.23.2 Metamorfismo regional de mayor extensión	54
CAPÍTULO IV	56
METODOLOGÍA DE TRABAJO	56
4.1 Nivel de investigación.....	56
4.1.1 Investigación descriptiva y exploratoria.....	56
4.2 Diseño de investigación	57
4.3 Técnicas de recolección de datos	57
4.4 Recopilación bibliográfica	59
4.5 Selección de muestras	59
4.6 Preparación física de las muestras	60

4.6.1 Muestreo.....	61
4.6.2 Trituración.....	62
4.6.3 Tamizado.....	64
4.7 Procedimientos utilizados para la elaboración de baquelitas que se lleva a cabo en la empresa SIDOR.....	69
4.7.1 Herramientas, equipos e instrumentos.....	69
4.7.2 Montaje de Muestras	69
4.7.3 Preparación metalográfica.....	70
4.8 Descripción mineralógica de las muestras.....	73
4.8.1 Caracterización cuantitativa (conteo de granos).....	73
4.9 Clasificación tecnológica de las muestras	79
CAPÍTULO V	83
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	83
5.1 Identificación y cuantificación de los minerales existentes en las muestras, basándose en las características estructurales de los mismos a través de un análisis microscópico	83
5.1.1 Minerales principales	83
5.1.2 Cuantificación mineralógica de las muestras	84
5.2 Validar la mineralogía predominante entre las muestras de la base de datos de CVG Ferrominera Orinoco y las muestras utilizadas para este trabajo	99
5.2.2 Análisis mineralógico de las muestras analizadas.....	99
5.2.2 Análisis mineralógico de 50 muestras de la base de datos de CVG Ferrominera Orinoco	102
5.3 Caracterización tecnológica de las muestras estudiadas.....	104
5.3.1 Muestra M-693.....	104
5.3.2 Muestra M-696.....	104
5.3.3 Muestra M-701.....	104
5.3.4 Muestra M-702.....	104
5.3.5 Muestra M-707.....	104
5.3.6 Muestra M-710.....	105
5.3.7 Muestra M-712.....	105
5.3.8 Muestra M-743.....	105
5.3.9 Muestra M-750.....	105
5.3.10 Muestra M-753.....	105
5.3.11 Muestra M-756.....	105
5.3.12 Muestra M-758.....	106
5.3.13 Muestra M-761.....	106
5.3.14 Muestra M-763.....	106
5.3.15 Muestra M-765.....	106

5.3.16 Muestra M-766.....	106
5.3.17 Muestra M-769.....	106
5.3.18 Muestra M-772.....	107
5.3.19 Muestra M-777.....	107
5.3.20 Muestra M-780.....	107
5.3.21 Muestra M-782.....	107
5.4 Comparando química, litología y mineralogía	107
5.5 Rangos mineralógicos por grupos tecnológicos	111
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	114
Conclusiones	114
Recomendaciones.....	115
REFERENCIAS.....	117
APENDICES.....	120
APÉNDICE A	120
Número de partículas por fracción granulométrica de las muestras analizadas.	120
APÉNDICE B	128
Tablas de los resultados de los análisis mineralógicos.....	128
APÉNDICE C	135
Resultado de la caracterización tecnológica de las muestras analizadas.	135
APÉNDICE D	137
Composición química de las muestras de mineral de hierro.	137
APÉNDICE F.....	139
Microfotografías de las muestras analizadas.	139
APÉNDICE E.....	144
Composición mineralógica de las muestras.	144

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Ubicación relativa del Área de estudio y localización de la mina Los Barrancos.....	7
Figura 2.2 Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana. (Mendoza Vicente, 2000).	12
Figura 2.3 Proceso de enriquecimiento supergénico de los yacimientos.	17
Figura 2.4 Menas y rocas del Distrito Ferrífero Piar.....	27
Figura 3.1 Extinción paralela. (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).	43
Figura 3.2 Extinción oblicua. (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).	43
Figura 3.3 Cristal Euhédrico. (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).	44
Figura 3.4 Cristal Anhédrico. (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).	45
Figura 3.5 Maclas de crecimiento. (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).	46
Figura3.6 Hematitas monocristalina y policristalina.(CVG Gerencia de minería jefatura de área de geología).....	51
Figura3.7 Hematitas tabular y granular.(CVG Gerencia de Minería Jefatura de Área de Geología).	52
Figura3.8 Hematitas granular rugosa y Martita.(CVG Gerencia de Minería Jefatura de Área de Geología).....	52
Figura3.9 Martita compacta y porosa.(CVG Gerencia de Minería Jefatura de Área de Geología).	53
Figura 4.1 Flujograma de trabajo.	58
Figura 4.2 Muestra identificada.	62
Figura 4.3 Tamizado manual.....	63
Figura 4.4 Proceso de trituración de la muestra.	64
Figura 4.5 Cernido del material.....	64
Figura 4.6 Juego de tamices.	66
Figura 4.7 Tamizadora.	66
Figura 4.8 Cilindro graduado y embudo.	67
Figura 4.9 Volumen aparente.	67
Figura 4.10 Muestras por fracción granulométrica.	68
Figura 4.11 Baquelitas una vez terminada de pulir.	73
Figura 4.12 Simplificación del conteo cuantitativo de minerales. (Caracterización Tecnológica del Mineral de Hierro, Gyongyi Tihor).	74
Figura 4.13 Identificación de las características ópticas de los minerales de hierro.	77
Figura 5.1 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-693.....	84
Figura 5.2 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-696.....	85
Figura 5.3 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-701.....	86
Figura 5.4 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-702.....	86
Figura 5.5 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-707.....	87

Figura 5.6 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-710.....	88
Figura 5.7 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-712.....	89
Figura 5.8 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-743.....	89
Figura 5.9 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-750.....	90
Figura 5.10 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-753.....	91
Figura 5.11 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-756.....	91
Figura 5.12 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-758.....	92
Figura 5.13 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-761.....	93
Figura 5.14 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-763.....	93
Figura 5.15 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-765.....	94
Figura 5.16 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-766.....	95
Figura 5.17 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-769.....	95
Figura 5.18 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-772.....	96
Figura 5.19 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-777.....	97
Figura 5.20 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-780.....	98
Figura 5.21 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-782.....	99
Figura 5.22 Hematita monocristalina, policristalina y granular rugosa.....	100
Figura 5.23 Martita compacta y porosa.....	100
Figura 5.24 Hematita tabular y granular.	101
Figura 5.25 Goetita.....	102
Figura 5.26 Hematita monocristalina, policristalina y granular rugosa.....	103
Figura 5.27 Química Vs litología Vs mineralogía de las muestras M-766 y M-772.....	108
Figura 5.28 Química Vs litología Vs mineralogía de las muestras M-777 y M-782.....	109
Figura 5.29 Química Vs litología Vs mineralogía de las muestras M-769 y M-780.....	110
Figura 5.30 Química Vs litología Vs mineralogía de las muestras M-702 y M-780.....	111
Figura 5.5 Rango mineralógico por tipo tecnológico actualizado (2010). CVG FMO Lautner Gyongyi, 2005).	113

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Principales características químicas de los tipos de menas.	31
Tabla 4.1 Rangos máximos y mínimos utilizados para la caracterización tecnológica. (Caracterización tecnológica del mineral de hierro, Lautner Gyongyi, 2005).....	80
Tabla 4.2 Grupo tecnológico y nombre tecnológico. (CVG FMO, Lautner Gyongyi, 2005).....	81
Tabla 4.3 Rango mineralógico por tipo tecnológico. (CVG FMO Lautner Gyongyi, 2005).....	82
Tabla 5.1 Química Vs litología de las muestras M-766 y M-772.	108
Tabla 5.2 Química Vs litología de las muestras M-777 y M-782.	109
Tabla 5.3 Química Vs litología de las muestras M-769 y M-780.	110
Tabla 5.4 Química Vs litología de las muestras M-702 y M-780.	111

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el mineral se ha considerado como un material que ha sufrido diferentes procesos complejos y naturales durante el tiempo geológico, como deformaciones, recocido, recristalización y temperización que resultan en las diferentes características del mismo, las cuales afectan el comportamiento en los procesos productivos.

La Corporación Venezolana de Guayana Ferrominera Orinoco conjuntamente con la Siderúrgica del Orinoco inició un proyecto con el fin de caracterizar tecnológicamente los minerales de hierro ya que las características y propiedades metalúrgicas de los minerales dependen de su mineralogía y, a su vez, del origen geológico cuya relación con los procesos no está totalmente clara.

Por eso es necesario adoptar una caracterización tipológica la cual está basada en factores adicionales, con el propósito de establecer un lenguaje común entre la industria de extracción de mineral de hierro y la siderúrgica. Para así establecer una metodología aplicada a la industria que a su vez este orientada hacia las investigaciones geológicas de F.M.O, como proveedor y a los requerimientos de SIDOR, como cliente.

El trabajo está estructurado en capítulos, el primero trata sobre los objetivos que persiguen este trabajo, sus alcances y limitaciones además de la justificación del mismo. Seguidamente se expone una serie de generalidades basadas en la ubicación geográfica, características del mineralógicas, y la descripción de las muestras encontradas en la empresa Ferrominera específicamente en la mina Los Barrancos. Luego se presenta un marco teórico que sirve de base para el entendimiento de una serie de término y procedimiento empleado en este trabajo, después se explica la metodología de trabajo empleada seguidamente los resultados obtenidos y sus respectivos análisis, llegando finalmente a las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Situación u objeto de estudio

La Corporación Venezolana de Guayana (CVG) Ferrominera Orinoco C.A., es una de las industrias mas importantes del país que se encarga de la extracción, procesamiento y suministro del mineral de hierro y sus derivados. Es en la Jefatura de Área Geología se contemplan investigaciones dirigidas a la caracterización mineralógica y tecnológica de los distintos tipos de menas que conforman el Cuadrilátero Ferrífero San Isidro, así como de los otros yacimientos de hierro, para maximizar aun más el conocimiento y aportar mayor valor agregado a los productos de la empresa.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar mineralógica y tecnológicamente las muestras de mineral de hierro de la Mina Los Barrancos del Cuadrilátero Ferrífero San Isidro, ubicado en el Municipio Bolivariano Angostura, Ciudad Piar, estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Identificar y cuantificar los minerales existentes en las muestras estudiadas, basándose en las características estructurales de los mismos a través de un análisis microscópico.

2. Validar la mineralogía predominante entre las muestras de la base de datos de CVG Ferrominera Orinoco y las muestras utilizadas para este trabajo.
3. Establecer una clasificación tecnológica de las muestras estudiadas en base a la composición mineralógica.
4. Comparar la composición química, litología y mineralogía de las muestras.
5. Establecer rangos mineralógicos por grupo tecnológico.

1.3 Justificación de la investigación

La caracterización mineralógica y tecnológica se enmarca dentro de la exploración geológica como una actividad donde se seleccionan muestras de geología de superficie, del subsuelo o muestras especiales (frentes de explotación, conos de voladura, entre otros), con el fin de evaluar mineralógicamente las reservas geológicas.

1.4 Limitaciones de la investigación

1. Poco personal capacitado para realizar este tipo de trabajo.
2. Demora en el tiempo de respuesta de las muestras (entrega de muestras), ya que estas son elaboradas en un laboratorio externo.
3. Trabajar con muestras mal pulidas.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Reseña histórica de la empresa

El cerro El Pao fue descubierto en 1926, cuando el señor Arturo Vera, quien tenía un fundo en Las Adjuntas, encuentra un canto rodado de una roca negra, brillante, dura y pesada, que lleva a su casa y utiliza para amolar machetes. Simón Piñero, empleado de la firma Boccardo y Cia de Ciudad Bolívar, acompaña más tarde a Vera hasta el Cerro Florero, donde obtienen muestras suficientes para enviar a los Estados Unidos.

En 1933 la empresa norteamericana Bethlehem Steel Co. hace las primeras perforaciones y se constituye la Iron Mines Company of Venezuela.

En 1945 la Oliver Iron Mining Co., subsidiaria de la U.S. Steel, inicia la exploración al Este del Caroní, bajo la dirección del geólogo Mack C. Lake.

En 1947 Folke Kihlstedt y Víctor Paulik, exploran y obtienen el título del Cerro La Parida, nombre cambiado en 1948 por el de Cerro Bolívar. Exploran igualmente los Cerros Redondo y Arimagua.

En 1949 se funda la Orinoco Mining Company, subsidiaria de la U.S. Steel Corporation, de los Estados Unidos. El señor Mack C. Lake es designado como su primer presidente.

En 1954 se inauguran las operaciones de la Orinoco Mining Co. El 9 de enero zarpa el buque Tosca con el primer cargamento comercial de mineral de hierro con destino a Fairless Works (U.S.A). Ese año se exportan 3 millones de toneladas.

En 1968 se inicia la construcción de la Planta de Briquetas de la Orinoco Mining Company.

El 1º de enero de 1975 queda nacionalizada la industria del hierro en Venezuela. El 3 de enero, zarpa el buque Tyne Ore con una carga de 17.417 toneladas de mineral de hierro con destino a Estados Unidos, el primer embarque después de la nacionalización. El 10 de diciembre, se constituye formalmente la C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A.

2.2 C.V.G Ferrominera Orinoco

La empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco, C.A. inicia sus operaciones a partir del 01 de Enero de 1976. Es una empresa del Estado venezolano, cuya política integral es extraer, procesar y suministrar mineral de hierro y sus derivados, cumpliendo con la normativa legal, los compromisos acordados con nuestros clientes y los requisitos aplicables relacionados con la calidad, el medio ambiente, la seguridad y la salud ocupacional.

Demostrando su compromiso al mejorar continuamente su sistema de gestión, con el objeto de:

1. Satisfacer las necesidades de nuestros clientes.
2. Evitar, reducir y controlar los riesgos e impactos ambientales asociados a las actividades, productos y servicios.

3. Promover la participación y el bienestar de nuestros trabajadores, contratistas, proveedores, visitantes y el entorno donde operamos.

2.3 Ubicación geográfica

Los yacimientos de hierro del Distrito Ferrífero Piar se encuentran ubicados entre los 63° 10' de longitud Oeste y los 7° 25' de latitud Norte, específicamente en Ciudad Piar, Municipio Bolivariano Angostura, estado Bolívar.

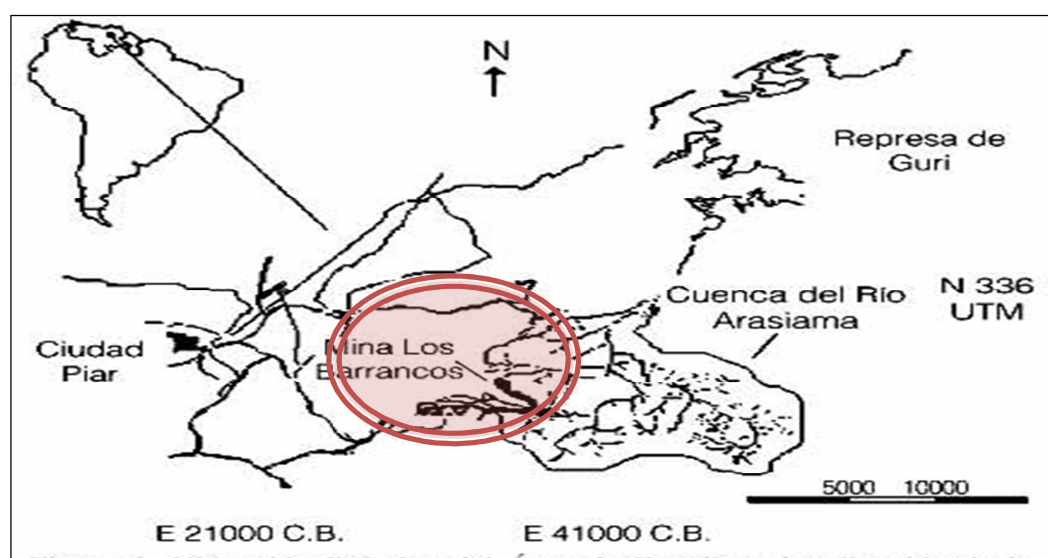


Figura 2.1 Ubicación relativa del Área de estudio y localización de la mina Los Barrancos.

De los yacimientos del grupo San Isidro, el yacimiento más oriental y el de mayor extensión es la mina Los Barrancos; en su parte Sur, forma un escarpado (Barranco) de falla de unos 3 kilómetros de longitud en dirección Este-Oeste. Se ha dividido en dos grandes áreas: Los Barrancos I, que comprende los ejes A y B, y los Barrancos II que comprende los ejes C, D y E.

2.4 Características físicas y naturales

2.4.1 Topografía de la Zona

Se presentan diversas formas controladas por los diferentes tipos de rocas constitutivas del Complejo de Imataca y la Formación Mesa, comprendida entre el río Orinoco al Norte, la falla de Santa Bárbara al Sur, el río Caroní al Este y río Aro al Oeste. Acantilados característicos de Formaciones sedimentarias horizontales destacan sobre la Formación Mesa, sobre los cuales aparecen afloramientos de roca de la parte Norte del Complejo de Imataca. En la faja del Cerro Bolívar, al Sur de la falla de Gurí, la topografía está caracterizada por afloramientos de formación de hierro entre los Cerros Arimagua y el Trueno. En la faja de Santa Rosa se desarrolla un grupo de colinas alargadas y paralelas controladas por gnéises cuarzos feldespáticos bandeados, con intercalaciones de gneis diorítico blanco y lentes delgados de formaciones de hierro. (Gamarra R. Lumar, 2005).

2.4.2 Vegetación

La flora se ha clasificado como Tropófito Macrotérmico y Bosque Pluvial. Las regiones montañosas están cubiertas de espesa vegetación, baja en las colinas y densa y alta en los valles. Entre las especies se tienen la clausia de la familia Guttiferae y el Copey, indicando siempre la presencia de menas ferríferas. (Gamarra R. Lumar, 2005).

2.4.3 Clima y precipitación

El clima de la zona es tropical húmedo, con una temperatura promedio anual de 28 °C, con valores máximo y mínimo promedio de 35°C y 20°C, respectivamente.

Las precipitaciones ocurren entre los meses de mayo y agosto con una media anual de 1309 mm.

2.4.4 Hidrografía

En la parte media de la cuenca del río Caroní están ubicados los yacimientos ferríferos del Municipio Piar, los cursos de agua en su mayoría son intermitentes y torrenciales, mientras que las quebradas Tocoma, San Isidro y El Purgatorio son permanentes o casi permanentes, y hay suficientes manantiales en las cercanías de los distintos yacimientos. Debido a la abundancia de quebradas y riachuelos fue posible la construcción de una represa o laguna artificial en el cuadrilátero Ferrífero San Isidro, que sirve de suministro de agua para las operaciones de las minas.

2.4.5 Geomorfología

El área está conformada por paisajes donde predominan las planicies, lomeríos altos y vegas. Los lomeríos altos están constituidos por rocas graníticas bandeadas y foliada, de textura fanerítica de grano grueso, con colores, grises, rosado, rojo, negro verdoso, etc. Las planicies están representadas por lomas suaves constituidas por gneises, gneises migmatíticos y migmatitas, que abarcan más del 85% del área; mientras que las vegas están formadas por pequeñas morichales ubicados generalmente entre las lomas y constituyen las zonas de menor cobertura.

2.5 Geología general

Los Escudos se definen en geología, como macizos continentales constituidos por rocas Precámbricas, no cubiertos completamente por el mar en el transcurso del tiempo geológico. (Mendoza Vicente, 2000).

Los escudos fueron tectónicamente muy activos durante el Precámbrico, pero desde comienzos del Cámbrico se hicieron relativamente estables con respecto a los movimientos terrestres. También se les llama "Tierras Positivas", porque han servido de contrafuerte y contribuido por el desgaste a través del tiempo (erosión) a proporcionar sedimentos que se han depositado en las partes más bajas, formando así los llamados geosinclinales. (Mendoza Vicente, 2000).

En Sudamérica, los Escudos Brasileño y de Guayana están separados entre sí por la Cuenca del Amazonas, expresión de una gran Geofractura profunda, que se proyecta a más de 700 Kilómetros en la corteza. El Escudo de Guayana tiene forma oval y su parte septentrional se encuentra en Venezuela al Sur del curso del río Orinoco, mientras que su parte meridional se adentra en Colombia, Brasil, Guyana, Surinam y Guyana Francesa. En la parte venezolana comprende rocas Arqueozoicas y Proterozoicas de muy diversas litologías, alteradas en mayor o menor escala durante una serie de episodios geotectónicos mayores. (Mendoza Vicente, 2000).

Basándose en los caracteres petrológicos y tectónicos, el Escudo de Guayana en Venezuela se ha dividido en cuatro provincias geológicas conocidas como: Imataca, Pastora, Cuchivero y Roraima. Estas provincias se diferencian en sus direcciones estructurales, estilos de deformación tectónica, asociaciones litológicas, asociaciones metalogénicas y edades.

la Provincia de Imataca petrológicamente pertenece al denominado Cinturón Granulítico, la Provincia de Pastora a los Cinturones de Rocas Verdes, la Provincia de Cuchivero se caracteriza por grandes extensiones de Granitos (1800 ± 200 Ma) y Granitos Post-tectónicos (1500 Ma) y la Provincia de Roraima, es una cobertura discordante sobre rocas pertenecientes a las provincias de Pastora y Cuchivero.

2.6 Geología regional

El Distrito Ferrífero Piar pertenece a la Provincia Geológica de Imataca, la cual está situada en el extremo Norte de la Guayana Venezolana, y se extiende en dirección NE desde el río Caura hasta el Delta del Orinoco por unos 550 kilómetros, y en dirección N-S aflora desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Gurí por unos 80 kilómetros. (Mendoza Vicente, 2000).

La edad de las rocas de la Provincia Imataca es Arqueozoica (3400 - 3700 Ma), fechada por los métodos Radiométricos Rubidio-Estroncio y Plomo-Plomo.

Litológicamente la Provincia Imataca esta formada por gneises graníticos y granulitos félsicas (60%-75%), anfibolitas y granulitos máficas, y hasta ultramáficas (15%-20%) y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (BIF), dolomitas, charnockitas, anortositas y granitos intrusivos mas jóvenes y remanentes erosionales menos metamorfizados y mas jóvenes CRV – TTG.

La Provincia Imataca consiste en rocas metamorfizadas, granitizadas y migmatizadas y en general se considera que está representada por un conjunto de metasedimentos y gneises plegados en forma compleja e intrusiones de granitos posteriores. (Figura 2.2).

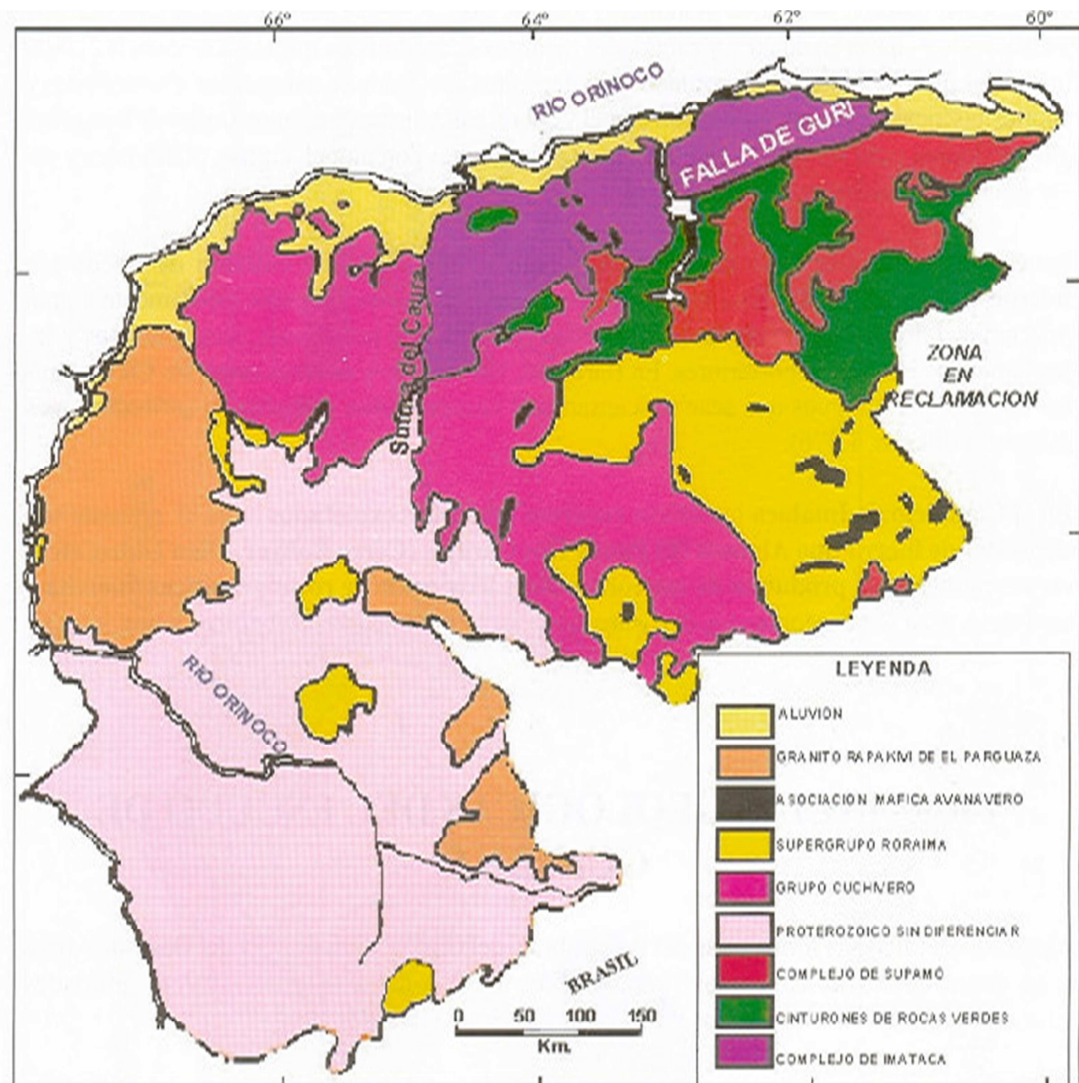


Figura 2.2 Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana. (Mendoza Vicente, 2000).

Las tendencias estructurales dominantes regionales son N 60°-70° E, más o menos paralelas a la Falla de Guri. En realidad registra seis o más dominios tectónicos, separados entre sí por grandes fallas mayores, del tipo corrimiento. El plegamiento es isoclinal, con replegamientos más abiertos. En la parte Norte, los

pliegues tienen rumbo NW mientras que la parte Sur la tendencia dominante de los pliegues es N 70°-80° E.

Otras litologías presentes incluyen formaciones de hierro que están constituidas esencialmente por la asociación mineral cuarzo – magnetita – hematita, dispuestos en bandas, y también cuarcitas dispuestas de la misma forma Imataca es la Provincia del hierro y en ella Ascanio 1.965 distinguió, según el tamaño del grano, tres grandes tipos de depósitos de hierro, que son los siguientes:

1. Depósitos de hierro de grano grueso (>1 mm): tipo El Pao, Las Grullas y Piacoa.
2. Depósitos de hierro de grano medio ($= 1$ mm): tipo, Cerro María Luisa.
3. Depósitos de hierro de grano fino (< 1 mm): tipo, Cerro Bolívar, San Isidro, Los Barrancos, El Trueno, Altamira, Redondo, Toribio y Arimagua.

Los yacimientos de hierro de alto tenor son debido al enriquecimiento por meteorización y lixiviación de la sílice de las cuarcitas. El proceso consiste en la remoción de la sílice, la cual al disolver circula por las fisuras ocupando cavidades inferiores por percolación. Por su parte el hierro pasa a ocupar los espacios vacíos, dando lugar a grandes masas de finos, los cuales se concentraron gracias a la existencia de una costra muy dura formada por diversos óxidos que la fueron cementando en la superficie.

2.7 Geología local

Cuadrilátero Ferrífero San Isidro: Comprende los yacimientos de menas de hierro de los cerros San Isidro, Las Pailas, Los Barrancos y San Joaquín y abarca una

extensión de 11 kilómetros de largo por 5 kilómetros de anchos. Se podría considerara la totalidad del

Cuadrilátero como un yacimiento, pero por razones de sistematización de los datos y al hecho que los separan cuerpos de estéril se ha dividido en los yacimientos antes nombrados. Los cuerpos de mena están situados en la parte superior de las colinas entre 430 y 800 m.s.n.m., en cuyas superficies afloran casi exclusivamente los tipos de mena de la corteza (costra) y a mayor profundidad se presentan diferentes tipos de menas friables (finos) con intercalaciones de costras.

Estos finos pasan transicionalmente a cuarcitas ferruginosas friables, cuarcitas ferruginosas duras, hasta alcanzar las zonas estériles (lateritas).

Estructuralmente el Cuadrilátero Ferrífero San Isidro concuerda con los patrones estructurales del Complejo de Imataca.

Cerro Los Barrancos es el yacimiento más oriental y el de mayor extensión del Cuadrilátero. Su parte Sur forma un escarpado (barranco) de falla de unos 3 kilómetros en dirección E-W, con alturas variables entre 30 y 150 m sobre el nivel de las sabanas circundantes.

Se puede afirmar que el yacimiento Los Barrancos y San Joaquín forman parte de un anticlinal cuya parte central está destruida por callamiento transversal y el anticlinal tiene doble declive y esta deprimido en su parte central de manera que las laderas de los Barrancos I y II están muy próximos.

En el yacimiento Los Barrancos I, existen menas de hierro con aproximadamente 67% de Fe, 1% SiO₂ y 0,5% Al₂O₃, donde la mena con un mínimo de 59% de Fe y un máximo de 11% SiO₂, se considera de alto tenor.

En el yacimiento Los Barrancos II, donde la mena de hierro mas abundante contiene 66% de Fe, 1 % de SiO_2 y 1% de Al_2O_3 , la mena de alto tenor contiene 57% mínimo de Fe y 11% máximo de SiO_2 .

2.8 Geología estructural regional

Las Provincias Geológicas Imataca y Pastora muestran grandes diferencias litológicas, deformación tectónica y patrones estructurales. Las rocas del Complejo de Imataca se extienden como una gran faja de rumbo NE y de extensión superior a los 65 kilómetros, las alineaciones (fallas, ejes de pliegues, diaclasas, etc.) presentan una dirección preferencial NE y en menor grado NW. (Mendoza Vicente, 2000).

La falla de Guri, así como también la falla de Santa Bárbara sirven de lindero entre la Provincia de Imataca y la Provincia de Pastora, mientras que al Oeste, Imataca está separada del Supergrupo Cedeño por el Frente Tectónico del Caura. (Mendoza Vicente, 2000).

2.9 Origen del mineral

Las rocas cuarcíticas una vez estabilizadas, miles de años después comenzaron a descomponerse con la humedad y el clima tropical provocando cambios y transformaciones en los distintos minerales férrico. La magnetita se transformó en hematita y otros óxidos de hierro, los cuales, interestratificados entre las bandas de cuarcitas, comenzaron a sufrir cambios físico-químicos. Se inició, también, la descomposición de la sílice, principal aglutinante y cemento original, más vulnerable a las condiciones ambientales, la cual, al disolverse, comenzó a circular por las fisuras y fue a ocupar cavidades inferiores por percolación.

En este proceso no sólo actuó el agua meteórica (lluvia), sino que también subía por capilaridad. No se descarta la acción de ciertas bacterias ni los cambios del pH (acidez).

Por su parte el hierro soluble iba poco a poco ocupando los espacios vacíos dejados por la sílice al ser lixiviada. Como la solubilidad de la sílice y su remoción (lixiviación) era más o menos completa, la porosidad era directamente proporcional a aquella.

2.10 Génesis de los yacimientos

Las menas de hierro de alto tenor de los yacimientos se originaron a partir de las Cuarcitas ferruginosas del complejo Imataca por procesos de enriquecimiento supergénico. El proceso que genera las menas es la remoción por meteorización de la sílice y los silicatos de las cuarcitas ferruginosas, con la consiguiente concentración residual de óxidos o hidróxidos de hierro.

El proceso de enriquecimiento supergénico de las cuarcitas ferruginosas han dado origen a distintos tipos de menas según sea la intensidad y naturaleza del proceso, dando como resultado menas esencialmente hematíticas - goetíticas y limoníticas.

La condición necesaria para que se forme un yacimiento residual de mineral de hierro es la presencia de formaciones de hierro plagadas y alojadas en la parte superior de la columna estratigráfica expuesta. Estos pliegues son sinclinales, generalmente, aún cuando pueden ser también anticlinales o monolitos. Lo importante es la presencia de un perfil topográfico estable durante un largo periodo de tiempo que permita la lixiviación de la sílice y la concentración de óxidos. (Figura 2.3).

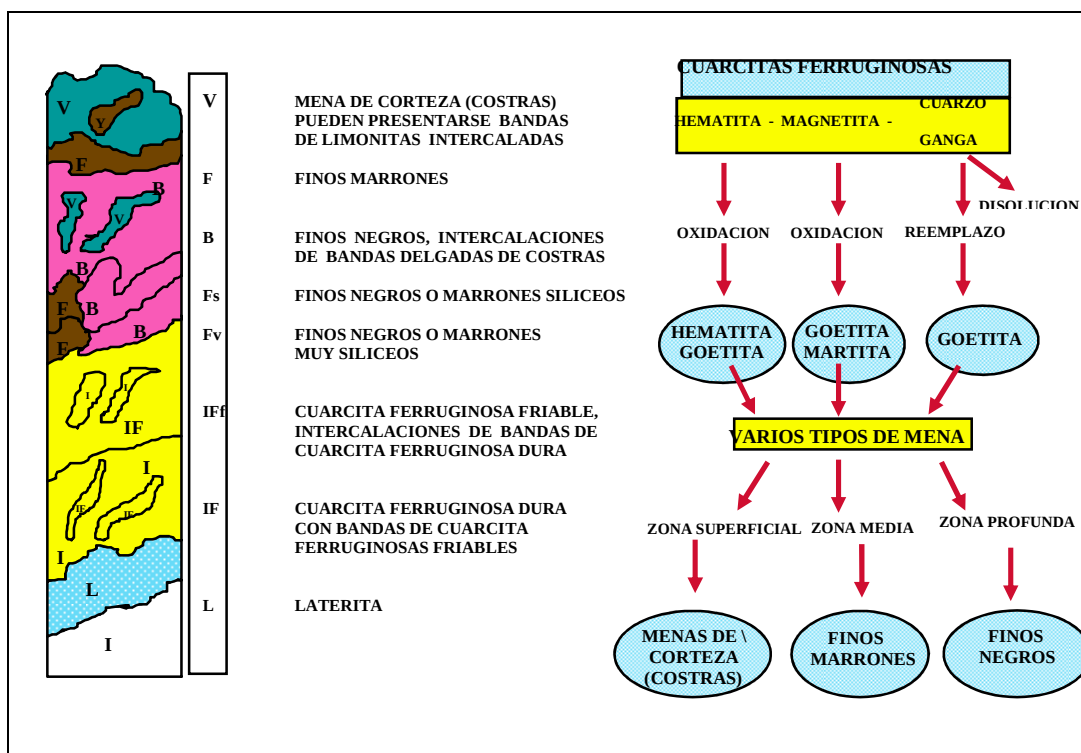


Figura 2.3 Proceso de enriquecimiento supergénico de los yacimientos.

2.11 Cuadrilátero Ferrífero San Isidro

La estructura general del yacimiento San Isidro es la de un sinclinorio asimétrico, con plegamiento isoclinal formando un patrón ondulado que hace que el depósito esté formado por una serie de bolsada de mena con intrusiones de cuarcititas ferruginosas. Los yacimientos Los Barrancos y San Joaquín forman parte de un anticlinal cuya parte central está destruida por fallamiento transversal, el anticlinal tiene un doble declive y está hundido en su parte central. Este anticlinal forma un pliegue casi acostado con buzamiento hacia el Sur. (Gamarra R. Lumar, 2005).

Las Pailas enlaza a todos los yacimientos del Cuadrilátero Ferrífero San Isidro, su ramal Noroeste penetra en San Joaquín, mientras el Suroeste en San Isidro y el ramal Este se enlaza con Los Barrancos.

2.11.1 Cerro San Isidro

Es una colina alargada de 10 kilómetros de largo por 2 kilómetros de ancho. El mineral está recargado hacia el Sur. En un principio se creía que no tenía reserva suficiente porque, visto desde el Norte el contacto de la mena está muy alto, casi en el tope del Cerro. Tiene una altura máxima de 710 m.s.n.m., unos 410 m sobre la sabana circundante. En superficie la mena es bastante uniforme, el área de la zona mineralizada tiene 3 kilómetros de largo por 600 metros de ancho promedio y la profundidad media de 60 m. de profundidad; la mineralización es también bastante uniforme; está constituida por 80% de finos y 20% de costra.

La cuarcita ferruginosa tiene un espesor original de 60 m, ella se dobla sobre si misma, se multiplica por fallamiento y forma una especie de uso tanto en superficie como en profundidad. El rumbo de las capas es constante (N 60°E) y el buzamiento es bastante pronunciado 30° al Sur y 90° al Norte.

El mineral de hierro está circunscrito en un sinclinorio, y las cuarcitas subyacentes y las de los alrededores pertenecen a un anticlinorio.

2.11.2 Cerro Los Barrancos

Es el yacimiento más oriental y el de mayor extensión del Cuadrilátero. Su parte Sur forma un escarpe de falla (barranco) de unos 3 kilómetros en dirección E-O, con alturas variables entre 30 y 150 m sobre el nivel de la sabana circundante.

El Cerro Los Barrancos ha sido dividido en cinco zonas (A, B, C, D y E) debido a su gran extensión y a diferencias estructurales, que pudieran ser pseudo-cuerpos separados. Donde las zonas A y B forman parte del área denominada Los Barrancos I y las zonas C, D y E de Los Barrancos II, donde su altura máxima es de 790 m.s.n.m., y en superficie aflora la mena de costra, la cual recubre la mena friable. El yacimiento Los Barrancos es de estructura compleja y de una topografía bastante irregular.

En el yacimiento Los Barrancos I existen menas de hierro con aproximadamente 67% de Fe, 1% SiO₂ y 0,5% AL₂O₃; donde la mena con un mínimo de 59% de Fe y un máximo de 11% SiO₂ se considera de alto tenor. (Gamarra R. Lumar, 2005).

En el yacimiento Los Barrancos II donde la mena de hierro más abundante contiene 66% de Fe, 1% de SiO₂ y 1% de AL₂O₃; la mena de alto tenor contiene 57% mínimo de Fe y 11% máximo de SiO₂.

2.11.3 Cerro San Joaquín

Es una colina alargada de aproximadamente 2,8 Kilómetros de largo y 1,3 Kilómetros en su parte más ancha y 765 m.s.n.m. de altura en su punto más alto. Está al Noroeste de Las Pailas, cuya mena es la más silíceo del Cuadrilátero San Isidro.

Esta zona está formada por partes llanas, ligeramente onduladas, con elevaciones que oscilan entre 100 y 300 m. En estas sabanas aparecen estructuras redondeadas en forma de domos o masas alargadas, aisladas, de color negro, de regular tamaño y compuestos por gnéis graníticos, de los cuales se deriva la redondez debido a la exfoliación esferoidal.

Los yacimientos Los Barrancos y San Joaquín forman parte de un anticlinal cuya parte central está destruido por fallamiento transversal, el anticlinal tiene doble declive y está deprimido en su parte central. Este anticlinal forma un pliegue casi acostado con buzamiento hacia el Sur.

Las fallas y fracturas tienen dos direcciones: N 30° E y N 40°W.

2.11.4 Cerro Las Pailas

El Cerro Las Pailas está situado en el centro del Cuadrilátero Ferrífero San Isidro. Su altura máxima es de 700 m.s.n.m. Es de forma redondeada y el más pequeño del grupo, pero su tonelaje es apreciable (mínimo 80 millones de toneladas).

Los elementos de foliación tienen dirección N-S que corresponden a la de todo el grupo; las fallas y fracturas tienen rumbo N 60° W, y a pesar de constituir un sinclinal metido entre otras estructuras mayores de Los Barrancos, San Isidro y San Joaquín, ha mantenido una posición elevada al resistir la erosión. Las Pailas no sólo está en el centro, sino que sirve de enlace de todos los yacimientos del Cuadrilátero Ferrífero San Isidro. Su ramal Norte-Oeste se prolonga y penetra en San Joaquín y el ramal Sur-Oeste penetra en San Isidro, tales ramales se considera como un anticlinal erosionado en su sección central.

2.12 Tipos litológicos de menas de hierro presentes en el Distrito Ferrífero Piar

Las menas se clasifican de acuerdo a su contenido de Fe: Menas de Alto Tenor ($\geq 55\%$) y Menas de Bajo Tenor ($< 55\%$). La clasificación de los tipos litológicos de menas de hierro de alto tenor está basado en dos grupos: menas duras o *costras* y menas blandas o friables conocidos como *finos*. En ambos casos, las menas se

subdividen en diferentes subtipos de acuerdo a sus características físicas y químicas, y a su textura.

Los tipos litológicos más frecuentes son los siguientes:

2.12.1 Menas de alto tenor (>55% de Fe Seco)

2.12.1.1 Menas blandas: denominados finos, y su aspecto es de arena suelta, son moderadamente hidratados con alta porosidad. Si presentan textura laminar son llamados Finos Laminados. Usualmente existen como grandes masas debajo de las menas duras (costras) o interestratificados formando bolsadas que se hacen menos densas a profundidad.

Mineralógicamente formadas por hematita especular micácea, limonita amarilla terrea, goetita microcristalina o amorfa, cuarzo y minerales de arcilla. Frecuentemente contiene zonas muy duras cementadas por goetitas, paralelas a través de la estratificación.

Se clasifican en los siguientes subtipos:

- **Finos negros:** están mineralógicamente compuestos de hematita y martita (como un producto de alteración de magnetita), con una baja proporción de aproximadamente 2-3% de goetita, pequeñas cantidades de cuarzo y pequeños granos de arcilla. Tiene color gris metálico y contienen hasta 69% de hierro seco.
- **Finos marrones:** estas menas muestran una pequeña variación química en comparación con los finos negros, dada por un incremento del contenido de alúmina y pérdida por ignición debido al incremento de goetita y minerales alumínicos.

Tienen un color marrón claro oscuro y se encuentran usualmente en los depósitos sobre los finos negros y debajo de las costras superficiales.

Al mismo tiempo, los finos negros y marrones están subdivididos de acuerdo al contenido de sílice en finos silíceos y finos muy silíceos, los cuales son similares a los finos puros; contienen, sin embargo, una mayor proporción de sílice residual que varía entre 2-6% y limitados por un contenido de hierro seco mayor o igual a 55%. En los depósitos se encuentran en contacto directo con las cuarcitas ferruginosas.

- **Limonita amarilla:** está constituida principalmente de limonita terrosa, porosa, de color amarillo ocre, y minerales de arcilla en menor cantidad. Está compuesta mineralógicamente por goetita criptocristalina y agua capilar y/o de absorción. Está considerada como producto de la meteorización de formaciones ferrosas altamente ricas en ferrosilicatos. Está caracterizada por un alto contenido de agua de cristalización (8%) y un contenido de hierro seco entre 56% y 60%.

2.12.1.2 Menas duras: son llamadas costras; usualmente se concentran en las áreas superficiales del depósito cubriendo las bolsas de finos, aunque también existen interestratificadas con los finos en profundidad.

Los tipos más frecuentes son los siguientes:

- **Costra hematítica:** está compuesta principalmente de hematita especular. Su composición química es muy similar a la de los finos negros, pero su principal diferencia radica en su contenido de alúmina, sílice y pérdida por ignición. La costra hematítica varía desde homogénea con cristales bien desarrollados que podría ser un agregado de hematita primaria hasta laminadas y bandeadas. Se encuentran en

diferentes niveles del depósito; en la superficie o interestratificadas con menas friables en profundidad.

- **Costra limonítica:** sus principales componentes son hematita, goetita y limonita en diferentes proporciones. Se encuentran además en pequeñas proporciones (menos de 5%), minerales como cuarzo, caolinita, gibsita y otros. Presentan un incremento en el contenido de Alúmina, pérdida por ignición y fósforo. Normalmente se desarrollan en la parte superior de los finos marrones muy hidratados.

- **Costra goetítica:** microcristalina y/o amorfa, masiva, dura y frágil, de brillo adamantino u opaco y de color marrón o negro. Mineralógicamente, estas goetitas son regularmente puras; la limonita está presente en pequeñas cantidades cementando goetita y cristales de cuarzo. Muestra un alto contenido de fósforo y la alúmina se incrementa debido a la presencia de hidróxido de aluminio (gibsita). Aquellos minerales diferentes de los óxidos e hidróxidos se encuentran en proporciones menores al 5%; son suspensiones coloidales de hidróxidos de hierro en fracturas abiertas o cavidades. Su contenido de hierro es aproximadamente 60%.

- **Costra masiva:** está compuesta por proporciones variables de goetita, limonita y hematita. Generalmente la masa es de estructura porosa, la cual contiene fragmentos de otros tipos de menas sin laminación que corresponden a una meteorización superficial avanzada, con precipitación intensiva de hidróxidos de hierro relleno los vacíos. Esta costra cubre bolsadas de finos con alta proporción de bandas de limonita amarilla. El contenido de hierro es aproximadamente 62%.

- **Costra laminada:** está compuesta por proporciones variables de goetita, limonita y hematita, distribuidas en finas láminas alternadas, algunas veces frágiles y quebradizas. De acuerdo a la mineralogía predominante que existe en las costras

laminadas, éstas pueden ser definidas como: costras hematíticas laminadas, costras goetíticas laminadas o costras limoníticas laminadas. Alcanzan contenidos de hierro seco de hasta 67% y se desarrollan típicamente en los flancos superiores de los depósitos en contacto con cuarcitas ferruginosas.

- **Costra silícea:** presenta granos de cuarzo residuales de cuarcitas ferruginosas. Contiene entre 2 y 6% de sílice y puede exhibir textura masiva y/o laminada. Generalmente cubre menas silíceas deleznales, cuarcitas ferruginosas frescas y/o menas meteorizadas.

2.12.2 Menas de bajo tenor (<55% de Fe Seco)

2.12.2.1 Cuarcita ferruginosa friable: es una cuarcita parcialmente lixiviada por remoción incipiente de sílice. De acuerdo al grado de meteorización, su tenor puede variar entre 45% y 55% de hierro seco. A profundidad es transformada en cuarcita ferruginosa dura o se encuentra en contacto directo con laterita. Mineralógicamente está compuesta por granos de hematita, martita, algo de goetita y la ganga es principalmente cuarzo.

2.12.2.2 Cuarcita ferruginosa dura: constituye la roca fresca primaria de la cual se originan las menas de hierro. Tiene color gris a oscuro y presenta una estructura bandeada bien definida con un espesor en las bandas que varía desde 0.5 mm hasta varios centímetros, con granos minerales uniformemente diseminados.

Algunas cuarcitas ferruginosas presentan estructuras de ojo con cuarzo y óxido de hierro como resultado de una reorganización metamórfica intensa. En otras partes, las cuarcitas son sólidas, sin esquistosidad y bien bandeadas. Las cuarcitas

ferruginosas presentan la siguiente mineralogía; magnetita, hematita y goetita, y en menor proporción mica, anfíbol, calcita y apatito.

2.12.2.3 Magnetita: existe en cristales euhedrales que tienen una variación del tamaño de grano entre 30-100 micrones. También puede ser mostrada sencillamente como octaedros entrelazados que están extendidos uniformemente como inclusiones en los silicatos y el cuarzo, estrechamente asociada con hematita especular. Generalmente los granos de magnetita están parcialmente reemplazados por magnetita y martita a ciertas distancias en las direcciones cristalográficas.

2.12.2.4 Hematita: generalmente, los granos de hematita son intersticiales entre los granos de cuarzo, y muestran contornos más curvilíneos e irregulares que los de la hematita, lo cual indica una movilidad relativamente mayor de los óxidos de hierro. Ocurre en arreglo paralelo con inclusiones de magnetita.

2.12.2.5 Goetita: se encuentra en pequeñas cantidades en la cuarcita ferruginosa y es un producto resultante de la alteración de anfíboles. Presenta un clivaje plano en el contorno del grano y conserva la textura anfibólica.

2.12.3.6 Cuarzo: es la mayor ganga de la mena. Su grano es variable y su tamaño es generalmente uniforme.

2.12.2.7 Anfíboles: son de color gris claro azulado, ocurren como fibras de arreglo paralelo a subparalelo. En algunos casos han sido reemplazados por carbonato y goetita. En ciertos lugares (cerros Bolívar y Altamira) la cuarcita ferruginosa contiene hornblenda sódica, mostrada como granos alargados sin orientación especial o como agregados de agujas subhédricas como cristales en proporciones entre 2 y 20% de la muestra.

2.12.2.8 Mica marrón: es de color amarillo grisáceo y exhibe birrefringencia fuerte, extinción y arreglo paralelo.

2.12.2.9 Mena Fosforosa: existe formando facies minerales tales como apatito, fosfoserita, estrigita y raramente monacita.

2.12.2.10 Calcita: ocurre como agregados irregulares localmente dispersos y extendidos a través de la mena. Se presenta como un producto secundario resultante de la carbonización de anfíboles, mostrada por el reemplazo parcial de cristales individuales y capas de anfíboles.

2.12.3 Estéril

Se considera estéril a todo material que no es económicamente extraíble. Abarca, en este caso, a lateritas y gneises, aunque también pueden apreciarse algunas anfibolitas.

2.12.3.1 Laterita: es el producto residual resultante de la meteorización de gneises, esquistos y rocas intrusivas adyacentes y/o intercaladas con cuarcitas ferruginosas y menas de hierro. Exhiben un color blanco, rosado y/o marrón y estructuras bandeadas como resultado de la foliación de la roca primaria. Su alto contenido de sílice (30%), alúmina (20%) y bajo contenido de hierro (10 a 15%) las clasifica como material estéril. Ocurren principalmente en los flancos de los depósitos.

2.12.3.2 Gneis: esta roca pertenece al grupo de los granitoides; está compuesta de cuarzo, feldespato, biotita y microclino, los cuales varían de grano medio a grueso y poseen bandeamientos bien desarrollados. Los gneises están raramente inalterados en los depósitos de hierro; pueden ser meteorizados hasta laterita y/o arcilla. Los gneises frescos afloran en las partes planas aproximadamente a 300 msnm.

2.13 Menas y rocas del Distrito Ferrífero Piar

En la figura 2.4 se observan las menas y rocas características del Distrito Ferrífero Piar.

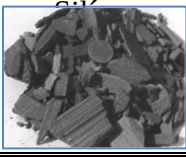
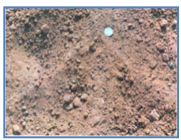
Costra Hematítica	Costra Masiva	Goetita	Costra Laminada	Costra Limonítica
				
Finos Marrones	Finos Negros	Finos Negros	Finos Negros	Limonita Amarilla
				
Cuarcita Ferruginosa Desleznable	Cuarcita	Laterita Blanca	Laterita Rosada	Gneis Rosado
				

Figura 2.4 Menas y rocas del Distrito Ferrífero Piar.

2.14 Proceso de elaboración de los productos de mineral de hierro comercializado por C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A

La empresa actualmente tiene en explotación las minas de mineral de hierro del Cuadrilátero San Isidro (cerro San Isidro, Los Barrancos, San Joaquín y Las Pailas), estos yacimientos son de origen residual y, por tal razón tiene una altísima heterogeneidad litológica. Por lo tanto, estos minerales poseen una gran variabilidad de los parámetros químicos. En vista de ello es preciso mezclar y homogeneizar el mineral crudo de la mina (TEU) en las instalaciones de Procesamiento de Mineral de Hierro (PMH) ubicada en Puerto Ordaz, como también se mezcla el TEU que va directamente a la PTLB, ubicada en la mina Los Barrancos para generar el producto fino y grueso.

Una vez conformada la pila de homogeneización, con el objeto de reducir aún más la variabilidad se recupera el material frontalmente con un recuperador de carga, que ataca la pila reclamando secciones completas de la misma.

El apilado completo correcto, en capas completas y distribuidas de acuerdo con su variabilidad, junto con el proceso de recuperación frontal reduce sustancialmente la variación del material de ingreso.

2.15 Homogeneización y mezcla de materiales

Es un proceso que tiene como finalidad principal la reducción de la variabilidad de los parámetros químicos y físicos de los distintos materiales que se utilizan en la confección de un producto o del producto mismo.

El término de mezcla se usa cuando las materias primas variadas y de diferentes composiciones químicas, son apiladas de manera sistemática para que se obtenga una

mezcla uniforme de composiciones químicas relacionadas con la sección transversal de la pila de homogeneización. La mayoría de las materias primas extraídas de la superficie de la tierra, como el mineral de hierro usualmente reciben tratamiento antes de ser procesados con el fin de obtener el metal correspondiente.

Casi todas las plantas siderúrgicas operan eficientemente si las características físicas y químicas de las materias primas varían dentro de límites bien definidos. Para garantizar esto es necesario asegurar que las materias primas extraídas de las minas sean de una calidad uniforme. Es decir, las máquinas o equipos que extraen la materia prima deben ser movidos desde una localidad a otra en la mina. De esta forma, el material rico o pobre es distribuido uniformemente a través de la longitud de la pila, garantizando un producto final completamente mezclado.

2.16 Influencia de la composición de los minerales de hierro

2.16.1 Sílice (SiO_2)

Un alto contenido de sílice implica un alto contenido de escoria en el proceso de aceración y requiere un consumo mayor de energía. Este óxido se reduce parcialmente y pasa al arrabio, pero la mayor parte de sílice pasa a la escoria necesitando cal para escorificarse.

2.16.2 Alúmina (Al_2O_3)

No es conveniente un alto contenido de alúmina. Puesto que ésta pasa totalmente a la escoria cuando se está produciendo acero e influye fuertemente en las propiedades de éste, ya que eleva su temperatura de fusión y proporciona al baño un mayor contenido de alúmina en la escoria. También se requerirán fundentes adicionales en el proceso de aceración debido a que la alúmina es una ganga ácida.

2.16.3 Pérdida por calcinación (PPC)

El porcentaje por la pérdida por calcinación significa la cantidad de agua de cristalización que tiene el mineral, mayor cantidad de carbonato y compuestos volátiles que contenga. A mayor pérdida por calcinación mayor cantidad de impurezas, especialmente alúmina. Las pérdidas alcanzadas están asociadas con el contenido de agua de cristalización y carbonato de la muestra.

2.16.4 Fósforo (P)

El porcentaje de fósforo fuera de los requerimientos, se considera una influencia perjudicial en la elaboración del acero, puesto que se disuelve en cantidades considerables. Cuando existe exceso de fósforo en el acero el mismo resulta frágil.

2.17 Principales características químicas de los tipos de menas

En la tabla 2.1 se observan las principales características químicas de los tipos de menas.

Tabla 2.1 Principales características químicas de los tipos de menas.

Cod.	Simb.	Nombre de la unidad	Fe(seco)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	PPR	P
200	B	Finos Negros	65 - 69	0 - 2	0 - 2	0 - 2	0,010 - 0,060
260	Bs	Finos Negros Silíceos	63 - 65	2 - 6	0 - 2	0 - 2	0,010 - 0,060
270	Bv	Finos Negros muy Silíceos	55 - 62	> 6	0 - 2	0 - 2	0,010 - 0,060
272	Bpv	Finos Negros muy silíceos Laminados	55 - 62	> 6	0 - 2	0 - 2	0,010 - 0,060
220	By	Finos Negros Limoníticos	63 - 67	0 - 2	0 - 2	3 - 7	0,080 - 0,150
300	F	Finos Marrones	64 - 67	0 - 2	0 - 2	2 - 3	0,010 - 0,080
322	Fpy	Finos Marrones Limoníticos laminados	63 - 67	0 - 2	0 - 2	3 - 8	0,080 - 0,160
360	Fs	Finos Marrones Silíceos	62 - 66	2 - 6	0 - 2	2 - 3	0,010 - 0,080
370	Fv	Finos Marrones muy Silíceos	55 - 62	> 6	0 - 2	2 - 3	0,010 - 0,080
400	Y	Limonita	56 - 60	1 - 6	1 - 8	7 - 12	0,120 - 0,300
Fe > 55% = Mena			P > 0,080 = Limonítico				
110	Vh	Costra Hematítica	64 - 69	0 - 2	0 - 2	0 - 2	0,010 - 0,060
100	V	Costra Masiva	62 - 67	0 - 2	0 - 2	2 - 6	0,060 - 0,080
103	Vb	Costra Bandeada	62 - 67	0 - 2	0 - 2	2 - 6	0,060 - 0,080
102	Vp	Costra Laminada	62 - 67	0 - 2	0 - 2	2 - 6	0,060 - 0,080
120	Vy	Costra Limonítica	60 - 66	0 - 2	0 - 2	5 - 9	0,080 - 0,250
107	Vc	Costra Recementada	64 - 68	1 - 3	0 - 2	4 - 8	0,040 - 0,130
130	Vg	Costra Goetítica	58 - 63	0 - 3	0 - 2	7 - 12	0,100 - 0,250
190	Val	Costra Aluminica	58 - 65	1 - 2	2 - 5	9 - 12	0,060 - 0,100
162	Vps	Costra Laminada Silícea	60 - 66	2 - 6	0 - 2	4 - 8	0,060 - 0,080
172	Vpv	Costra Laminada muy Silícea	55 - 62	> 6	0 - 2	4 - 8	0,060 - 0,080
500	C	Canga	55 - 57	3 - 5	2 - 5	5 - 11	0,050 - 0,120
180	Ve	Costra Estringítica	58 - 66	0 - 6	0 - 2	4 - 8	> 0,250 - 8 %
Al ₂ O ₃ > 2 = Aluminico							
704	IFf	Cuarcita Ferruginosa Friable	45 - 55	18 - 35	0 - 2	0 - 2	0,015 - 0,080
700	IF	Cuarcita Dura	30 - 45	35 - 55	0 - 2	0 - 2	0,010 - 0,050
800	Lc	Canga de Laterita	30 - 40	5 - 15	8 - 15	5 - 15	0,030 - 0,080
800	Lat	Laterita	5 - 30	10 - 70	10 - 20	10 - 15	0,030 - 0,080

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Henríquez Andreina; Cachutt Ana, (2004). **“Caracterización tecnológica de minerales de hierro”**, la finalidad de este trabajo es explicar el porque el mineral de hierro debe ser considerado como un material que ha sufrido procesos complejos y naturales durante el tiempo geológico que resultan en diferentes características del mismo, las cuales afectan su comportamiento en los procesos productivos.

Lautner, Gyongyi, (2004). **“Caracterización tecnológica del mineral de hierro”**, la finalidad de este trabajo es explicar que la clasificación genética de los minerales de hierro que se han venido utilizando en la industria, basada en criterios geológicos y modelos geológicos no satisfacen las necesidades de la industria y por eso fue necesario establecer un clasificación tipológica de minerales.

Lautner Gyongyi, (2005). **“Estudio de caracterización mineralógica de la mena los Barrancos”**, cuyo objetivo es comprender y predecir el comportamiento de los minerales en la diversas etapas de beneficio, aglomeración y peletización, de manera de obtener una explotación racionalizada de las menos y la formación de las mezclas de forma optimizada.

Ratti, Zenhaida, (2001). Trabajo final de Grado titulado **“Caracterización petrográfica de las cuarcitas ferruginosas de los yacimientos San Isidro, Las Pailas y Los Barrancos y su importancia en los procesos de concentración, Ciudad Piar, estado Bolívar”**, cuyo objetivo es identificar los minerales presentes

en las muestras para así señalar la importancia que tienen éstas características ópticas para el proceso de concentración de menas de bajo tenor.

Rodríguez M. Ana, (2005). Trabajo final de Grado titulado **“Caracterización mineralógica de las menas de la mina Los Barrancos observando la Presencia de manganeso, ubicado en el municipio Raúl Leoni, Estado Bolívar”**, cuyo objetivo general fue caracterizar mineralógicamente las menas de la mina Los Barrancos observando la presencia del Manganeso.

Gamarra, Lumar. (2005). Trabajo final de Grado titulado **“Caracterización Mineralógica de la mena de Hierro de la mina Los Barrancos del Cuadrilátero Ferrífero San Isidro ubicado en el municipio autónomo Raúl Leoni_ Estado Bolívar”**, cuyo objetivo fue caracterizar mineralógicamente muestras del yacimiento Los Barrancos, describiendo macroscópica y microscópicamente el aspecto y características de los minerales encontrados en las muestras, determinando así la correlación existente entre muestras químicamente similares versus su composición mineralógica.

Mora, Edgar. (2006). Trabajo Final de Grado titulado **“Caracterización mineralógica de las menas de hierro de alto y bajo tenor del yacimiento Los Barrancos del Cuadrilátero Ferrífero San Isidro, ubicado en el municipio autónomo Raúl Leoni”**, su objetivo fue la caracterización mineralógica de la mena de alto y bajo tenor de la mina Los Barrancos, identificando de forma macroscópica y mesoscópicamente las características físicas de las muestras, determinar la composición mineral de las muestras mediante un microscopio petrográfico, realizar la estadística descriptiva de los resultados químicos de las muestras y compararlas con la base de dato a fin de determinar la representabilidad de las mismas.

3.2 Mineral

El mineral debe ser considerado como un material que ha sufrido procesos complejos y naturales durante el tiempo geológico, como son deformaciones en frío y en caliente, recocido y recristalización que resultan en las diferentes características del mismo (mineralogía, tamaño y morfología de los granos, tamaño de poros, textura, etc.) (Lautner, 2005).

La definición del mineral no depende solamente de su tenor en Fe y de la proporción relativa de los minerales de la ganga, sino también de las características químicas, físicas y mineralógicas.

Un mineral es un sólido homogéneo por naturaleza con una composición química definida y una disposición atómica ordenada normalmente se forma mediante un proceso inorgánico.

3.3 Clasificación de los minerales de hierro

La clasificación genética que se ha venido utilizando en la industria siderúrgica, esta basada en criterios y modelos geológicos, que como tal, no satisfacen las necesidades de la industria y fue necesario establecer una clasificación de categoría tipológica de minerales que se traduce en características intrínsecas de calidad, capaces de describir el material de tal manera que se pueda predecir el comportamiento del mineral durante los diferentes procesos. (Lautner, 2004)

3.4 Caracterización tecnológica

La caracterización tecnológica es la cuantificación de las fases o de las asociaciones del mineral de hierro y sus características geométricas, así como también del arreglo de las mismas. (Mendoca, 2004)

3.5 Método para el análisis mineralógico

Según (Heinrich, E. Wm, 1970) para el estudio de los agregados minerales de los depósitos metálicos en los cuales están abundantemente representadas las especies opacas y no opacas, pueden ser convenientes las secciones pulidas; como éstas son difíciles de preparar, pueden obtenerse resultados comparables preparando al mismo tiempo una sección transparente y otra pulida de los minerales o de las rocas, aprovechando una de las caras de la muestra cortada para la sección fina y la parte opuesta pulida. Las preparaciones pulidas de las rocas ígneas y metamórficas pueden revelar en los granos opacos una riqueza de características estructurales que constituyen una valiosa información para descifrar su historia paragenética, información que no se puede obtener con las secciones delgadas.

3.6 Análisis mineralógico

Según (Cruz V. Luís, 2000) éste se desarrolla por observación directa de las muestras minerales y por observaciones microscópicas. Requiere una gran práctica y un conocimiento previo de las asociaciones mineralógicas (paragneises) que es posible encontrar.

El análisis mineralógico por microscopía óptica se realiza por un lado en luz transmitida y por otro lado en luz reflejada (episcopía). En el primer caso, se corta en la muestra mineral a analizar una lámina delgada y se determinan los minerales de la

ganga basándose en su color, su índice de refracción, la presencia de clivajes y maclas.

El análisis microscópico permite en primera instancia una determinación cualitativa y semicuantitativa de las especies minerales presente en una muestra. En un análisis de material fragmentado (muestra molida, concentrado) se puede llegar a un análisis cuantitativo. Se estima la superficie relativa ocupada por cada especie mediante un sistema de reticulado y se corrige el valor con la densidad correspondiente a cada especie para llegar a una fracción máfica. (Cruz, L. 2000).

Finalmente el análisis químico es indispensable para llegar a una determinación cuantitativa de los elementos. En efecto, la presencia de algunas impurezas resulta en algunos casos imposibles detectar por el simple análisis mineralógico y requiere un análisis químico más preciso. (Cruz, L. 2000).

3.7 Luz polarizada

Cuando el movimiento ondulatorio se reduce a vibraciones en un solo plano, se dice que la luz está polarizada en un solo plano. Las tres principales formas para polarizar la luz son por doble refracción, absorción y reflexión (Klein C., Hurlbutt C., 1998).

La luz polarizada, las ondas tienden a vibrar en varias direcciones alrededor de la línea de transmisión, pero en el caso de que la onda esté restringida a vibrar en un único plano de vibración se dice que la luz está polarizada (Ratti, Zenhaida, 2001).

La polarización de la luz se puede demostrar de varios modos:

Por doble refracción, cuando la luz atraviesa un cristal anisótropo se divide en dos rayos polarizados. El principio sobre el que se basó el primer polarizador eficiente fue la eliminación de uno de estos rayos. La calcita posee una doble refracción tan fuerte que cada rayo produce una imagen distinta cuando un objeto se mira a través de un fragmento de exfoliación (Klein C., Hurlbutt C., 1998).

Por reflexión sobre una superficie pulida hay polarización parcial de la luz. Si se examina la reflexión a través de una lámina de polarización, se oscurecerá el campo visual cuando el plano de vibración se gire hasta formar un ángulo recto con el plano de reflexión de la superficie pulida (Ratti, Zenhaida, 2001).

Por absorción, este fenómeno se observa muy bien en ciertos cristales como la turmalina. La luz que choca contra el cristal, vibrando en una gran variedad de planos, es fuertemente absorbida excepto a lo largo de un solo plano. Los rayos que emergen, limitados a este plano de vibración, muestran, de este modo, polarización plana (Ratti, Zenhaida, 2001).

3.8 Microscopio petrográfico

Es el instrumento más importante para determinar las propiedades ópticas de los cristales; con él puede obtenerse más información fácil y más rápidamente que con aparatos más especializados. Su función primaria consiste en suministrar una imagen aumentada de un objeto colocado en la platina. El aumento se produce por la combinación de dos grupos de lentes, el objetivo y el ocular. La función de la lente objetivo, situada en el extremo inferior del tubo microscópico, es producir una imagen nítida y clara. El ocular simplemente amplía esta imagen, incluyendo cualquier imperfección que resulte de un objetivo de poca calidad.

Este tipo de microscopio se utiliza para estudiar rocas. Al examinar este tipo de secciones delgadas de las rocas, aparecen claramente las relaciones de textura y pueden ser determinadas ciertas propiedades ópticas. Este microscopio es igualmente efectivo en el trabajo con fragmentos minerales pulverizados. Las propiedades ópticas pueden ser determinadas en tales granos sueltos, y en la mayoría de los casos caracterizan un mineral suficientemente como para permitir su identificación (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).

Además de las lentes, condensador y diafragma, y que son comunes en todos los microscopios compuestos, el microscopio de polarización tiene otros rasgos. El polarizador, situado debajo de la platina, es una placa polarizante, o prisma de Nicol, que transmite luz polarizada en un plano que vibra en la dirección N-S (delante-atrás). El analizador, montado en el tubo situado encima de la platina, es una placa o prisma similar que transmite la luz que vibra sólo en la dirección E-O. El polarizador y analizador se llaman conjuntamente polares. Cuando los dos polares están en posición, se dice que están cruzados y, si no hay algún cristal anisótropo entre ellos, no se ve luz. El polarizador está fijo, pero el analizador puede desplazarse a voluntad fuera del rayo de luz. Al trabajar con cristales es necesario, a menudo, cambiar su orientación. Esto se lleva a cabo mediante una platina rotatoria cuyo eje de rotación es el mismo que el eje del microscopio (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).

3.9 Propiedades de los minerales en luz reflejada

Los minerales opacos poseen propiedades ópticas características. Existen microscopios especialmente contruidos para observar secciones pulidas de estos minerales con luz reflejada. Como la mayor parte de los minerales de mena son opacos, las técnicas para el estudio de las secciones pulidas han desarrollado ampliamente (Klein C., Hurlbutt C., 1998).

Las características más sobresalientes de los minerales observados con luz reflejada son el poder de reflexión y el color. El primero puede ser calculado, sin embargo, se prefiere proceder empíricamente. Oscilando entre 90% y 100% en algunos metales. Los colores son, generalmente, vecinos al blanco; no obstante, con mucha práctica se llega a distinguir tonalidades diferentes y características. Los minerales no pertenecientes al sistema cúbico presentan en las superficies pulidas efectos de anisotropía, la cual no guarda relación alguna con los fenómenos de interferencia que se producen con la luz refractada (Klockmann F., Randohr P., 1961).

3.10 Observación cualitativa de las propiedades ópticas

Se trata de establecer una correspondencia entre las descripciones de la bibliografía y las observaciones personales para cada fase mineral.

3.10.1 Reflectividad

Esta es una característica única de los minerales observados en secciones pulidas. En la práctica, es la impresión subjetiva de la brillantez que es notada cuando un mineral es examinado. Teóricamente, es la porción de la intensidad de la luz reflejada por un mineral debido a la intensidad de la luz incidente. La reflectividad depende del índice de refracción y el coeficiente de absorción del mineral. En el caso de metales o minerales con lustre metálico, la mayoría de la luz es reflejada y la reflectividad está entre el 100%. En el caso de los minerales de la ganga, los cuales son transparentes en sección delgada, la mayoría de la luz penetra y es absorbida por el mineral, y por lo tanto solo una pequeña parte de esta es reflejada. La reflectividad está cerca de cero y todos los minerales transparentes en sección delgada son observados muy oscuros en sección pulida. (Ratti, Zenhaida, 2001).

3.10.2 Contorno y forma

El contorno de los granos o cristales de los minerales se consideran tres categorías: granos intactos en lámina delgada, material molido y sumergido en líquidos, granos detríticos, separados de rocas clásicas y sumergidas en líquidos o montados en preparaciones más permanentes. En las láminas delgadas de rocas ígneas aparecen granos que pueden estar rodeados completa o parcialmente o incluso libres de contactos de caras de cristales. Tales granos se denominan, respectivamente, euédricos, subédricos y anédricos. (Heinrich, E. Wm., 1970).

La mayoría de los minerales observados en sección pulida son anédricos o xenomórficos, es decir que ellos no tienen forma definida a excepción de la magnetita y hematita especular que presentan granos euedrales o idiomórficos algunas veces. Algunas especies generalmente los más duros o aquellos que tienden a fundirse a altas temperaturas tienden a desarrollarse con su propio hábito cristalográfico o forma idiomórfica. (Heinrich, E. Wm., 1970.).

3.10.3 Color

Se debe a la reflectividad diferencial de los minerales para las distintas longitudes de onda del espectro visible. La mayoría de los minerales coloreados tienen una reflectividad media.

Aún que esta propiedad es una de las más aparentes, en pocas ocasiones permite por si solo identificar los minerales. Como son pocos los minerales que presentan colores intensos, la descripción de su coloración es muy subjetiva. El color aparente de un mineral se verá muy influenciado por los colores de sus minerales vecinos. (Canet C., Camprubi A., 2003).

Por regla general, solo presentarán una coloración muy marcada al microscopio, en condiciones de espesor muy reducido, aquellos minerales fuertemente coloreados a simple vista. Sin embargo, el color observado al microscopio es una característica más definida que el que presenta una muestra macroscópica. El color natural del mineral se observa en secciones delgadas solamente con el polarizador. En el caso de las secciones pulidas también es la primera característica que se observa del mineral. Los minerales metálicos pueden indistintamente estar coloreados o sin color (blanco como la hematita o gris pálido con tinte crema o azulado como la goetita) y puede verse diferente según los minerales con los que esté asociado. (Ratti, Zenhaida, 2001).

3.10.4 Pleocroísmo

Es el fenómeno de cambio de color que presentan algunos minerales bajo luz polarizada. Los minerales isotrópicos coloreados no presentan variación de color cuando cambia su orientación cristalográfica solamente con el polarizador, mientras que los minerales anisótropicos exhiben en su color un cambio de varios grados cuando se gira la platina. (Ratti, Zenhaida, 2001).

3.10.5 Brillo

El aspecto general e la superficie de un mineral cuando se refleja la luz se conoce como el nombre de brillo. El brillo de los minerales puede ser de dos tipos, metálico y no metálico. (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).

3.10.6 Dureza

Se llama dureza a la resistencia que ofrece la superficie lisa de un mineral a ser rayada. El grado de dureza viene determinado por la observación de la facilidad o

dificultad relativa con que un mineral es rayado por otro o por una lima o punta de acero. (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).

3.10.7 Elongación

Es la relación entre las dimensiones principales del cristal y la magnitud de los índices de refracción correspondientes a ellas. (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).

3.10.8 Exfoliación

Es la tendencia que poseen ciertos minerales a romperse paralelamente a planos atómicos que se identifican por índices de Millar, al igual que las caras de la forma externa de un cristal. La exfoliación puede estar muy bien desarrollada (perfecta) en algunos cristales, o puede ser menos distinguibles. En algunos minerales como el cuarzo, está completamente ausente. (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).

3.10.9 Extinción

Ocurre cuando un cristal, grano o lámina con doble refracción se oscurece entre nicols cruzados. Las líneas de exfoliación prominente o bordes cristalinos facilitan referir el ángulo, en el que tiene lugar la extinción. (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).

Se conocen tres tipos:

3.10.9.1 Paralela: si el mineral oscurece entre nicols cruzados con la exfoliación paralela a las direcciones de vibración de los dos nicols se dice que la extinción es paralela. Ocurre con minerales con exfoliación cuadrada o rectangular. (Figura 3.1).

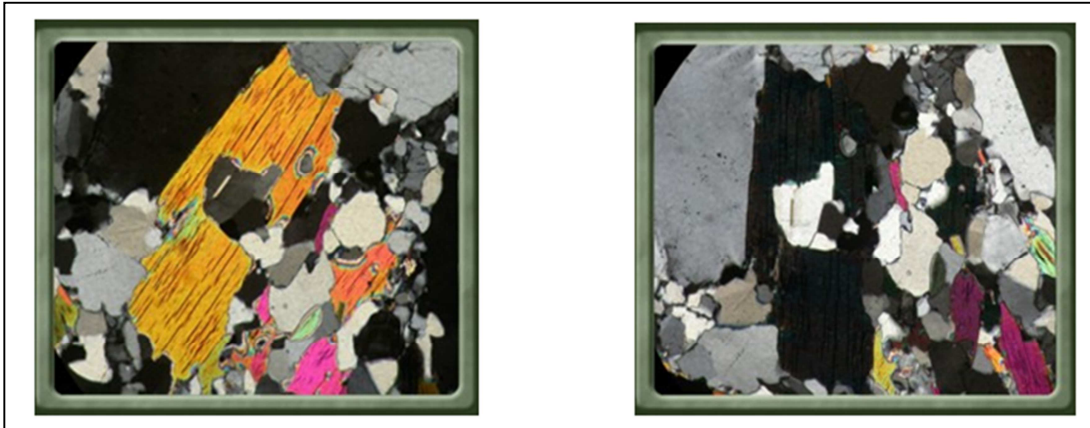


Figura 3.1 Extinción paralela. (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).

3.10.9.2 Simétrica: se da en los minerales con exfoliación rómbica, estos minerales oscurecen entre nicols cruzados cuando los planos de vibración de los nicols son paralelos a las diagonales de estos rombos. Varios minerales, que forman cristales cuadrados, pueden producir también extinción simétrica.

3.10.9.3 Oblicua: se produce cuando los bordes o las capas de exfoliación del cristal se extinguen formando cierto ángulo con los hilos reticulares (ángulos de extinción.). (Figura 3.2).

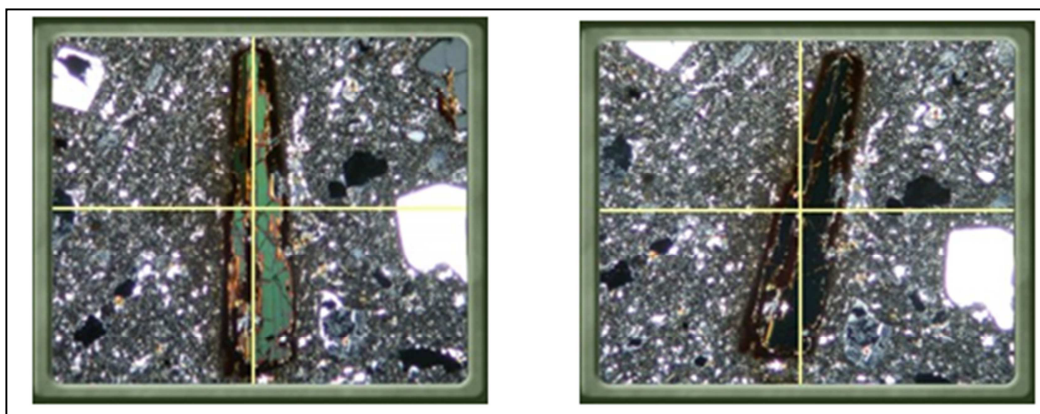


Figura 3.2 Extinción oblicua. (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).

3.11 Forma de los cristales

En función del grado de perfección de las caras, los cristales se clasifican, de mejor a peor cristalizados, en idiomórficos o euhedrales, hipidiomórficos o hemiedrales, y alotriomórficos o anhedrales. (Figuras 3.3 y 3.4).

3.12 Tamaño de grano

Puede ser establecido por medio de oculares micrométrico, pero puede realizarse una primera aproximación calculando, para cada objetivo, el radio del retículo, y utilizar consiguientemente este radio como escala para cada objetivo. (Canet, 2003).



Figura 3.3 Cristal Euhédrico. (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).



Figura 3.4 Cristal Anhédrico. (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).

3.13 Crecimiento zonal

Es la textura que resulta del crecimiento del cristal por etapas. Cada zona puede tener o no la misma composición que la anterior. La ruptura entre cada etapa implica algún tipo de desequilibrio. (Canet, 2003).

3.14 Maclas

Las maclas son agregados regulares de cristales que comparten planos reticulares. Pueden clasificarse en base a la posición del plano de macla. Las maclas pueden aportar información sobre el mecanismo genético del grano, basándose en los fenómenos que las producen:

3.14.1 Maclas de inversión

Se producen cuando una fase polimórfica de alta temperatura pasa mediante una reacción polimórfica de desplazamiento a otra de baja temperatura. En este

proceso se mantiene la forma externa del cristal, pero aparece un maclado polisintético de compenetración muy fino y de morfología muy compleja en el que los planos de macla se entrecruzan, son muy irregulares y con aspecto saturado.

3.14.2 Maclas de crecimiento

Se producen por interferencia entre dos o más cristales en proceso de crecimiento libre. Pueden ser simples o polisintéticas, de yuxtaposición o de compenetración. En un agregado de muchos cristales, si el maclado es por crecimiento solo algún de ellos presentaran maclados. (Figura 3.5).

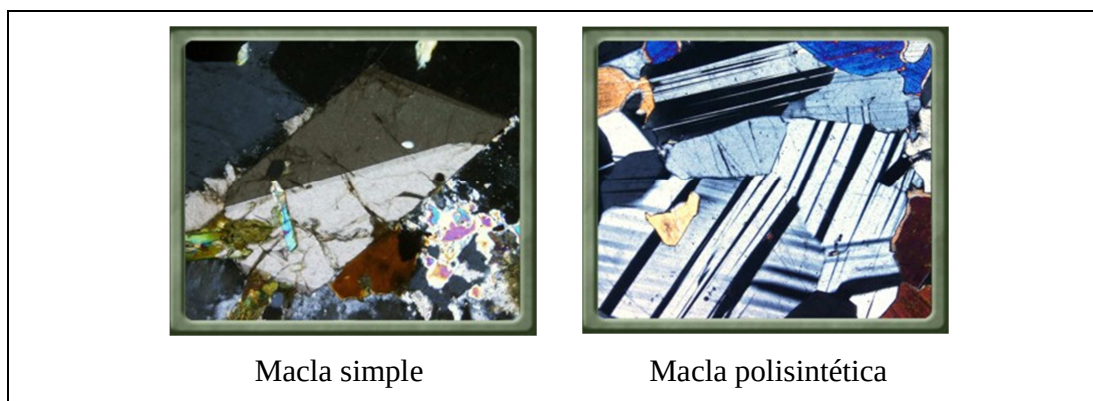


Figura 3.5 Maclas de crecimiento. (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).

3.14.2 Maclas de deformación

Usualmente son maclas polisintéticas gruesas, con un grosor idéntico entre los planos de macla. En un agregado de diversos cristales afectados por deformación, todos los granos estarán maclados.

3.15 Relieve

Ciertos minerales resaltan fuertemente en el campo del microscopio, otros son moderadamente visibles y, frecuentemente, es difícil distinguir el mineral del conjunto. Esta apariencia o visibilidad del contorno y la superficie se define como relieve (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).

3.16 Textura

Es la microestructura definida donde se toma en cuenta la distribución e intercrecimiento de los granos en un agregado policristalino. Minerales con diferente textura, constituida por cristales de aspectos y formas distintas, van a producir partículas de aspectos distintos que se comportan de forma diferente en la flotación o en el mismo alto horno. (Klein, C., Hurlbutt C., 1998).

3.17 Velocidad de la luz

Las ondas luminosas se mueven en su dirección de propagación a una velocidad aproximada de 300.000 kilómetros por segundos, y viene expresada por la formula. (Ecuación 3.1).

$$V=f*\lambda \quad (3.1)$$

Donde:

F= frecuencia

λ =longitud de onda

3.18 Ley de Snell

Las velocidades de la luz son inversamente proporcionales a los índices de refracción de los medios por donde pasa la luz.

3.19 Ley de la reflexión

La luz que se refleja en la superficie de separación de dos medios sigue la siguiente ley: el rayo incidente y el reflejado están situados en un mismo plano con la normal y forman con ella dos ángulos iguales.

3.20 Minerales existentes

3.20.1 Hematita

Pertenece al sistema isométrico, su fórmula es Fe_2O_3 , partición octaédrica, el color del mineral con nicoles paralelos es blanco con alta reflectividad y con nicoles cruzados presenta tonalidades grises. En ocasiones presenta restos de magnetita, maclas polisintéticas. (C.V.G. Gerencia de minería Jefatura de Área de Geología, 2.005).

En base a los caracteres microestructurales se pueden distinguir los siguientes tipos:

3.20.1.1 Hematita granular rugosa (HGR): es una hematita compacta que presenta granos y cristales equiaxiales de superficie irregular. El color del mineral con nicoles cruzados es blanco con alta reflectividad con forma equiaxial, con nicoles cruzados presenta una tonalidad gris con lados irregulares. Posiblemente sea una hematita de origen secundario, producto de la recrystalización de la martita. Por ello para clasificar algunos granos en donde se observen ambas fases, es necesario determinar cual de ellas es la que domina dentro de la partícula. (C.V.G. Gerencia de minería Jefatura de Área de Geología, 2.005).

3.20.1.2 Hematita granular lisa (HG): se trata de una hematita compacta que presenta granos y cristales equiaxiales de superficie y bordes lisos. Con nicoles paralelos presenta un color blanco con alta reflectividad pudiendo presentar maclas, con nicoles cruzados posee un color gris, con lados y ondulaciones suaves. Se clasifica como granular lisa porque no existe ninguna evidencia de recrystalización. (C.V.G. Gerencia de minería Jefatura de Área de Geología, 2.005).

3.20.1.3 Hematita tabular (HT): se define como una hematita compacta que presenta granos de forma alargada y euhédrica. Con nicoles paralelos presenta un color blanco con alta reflectividad pudiendo presentar maclas y con nicoles cruzados presenta un color gris y forma alargada. (C.V.G. Gerencia de minería Jefatura de Área de Geología, 2.005).

3.20.2 Hematita de origen secundario (Martita)

Se origina como producto de oxidación de la magnetita. Durante la oxidación de la magnetita la alteración se puede presentar en los bordes de los granos, en los planos octaédricos, por sustitución a lo largo de las fracturas y en forma de manchas alrededor de los granos. El color con nicoles paralelos es blanco con alta

reflectividad. El grado de porosidad varia de una muestra a otra, es por ello que se divide de la siguiente forma:

3.20.2.1 Martita compacta (MC): resultante del proceso de oxidación de la magnetita, generalmente presenta forma granular, siempre presenta poros, con una porosidad menor a 30 %. Suele observarse con restos de magnetita. (C.V.G. Gerencia de minería Jefatura de Área de Geología, 2.005).

3.20.2.2 Martita porosa (MP): presenta una porosidad con un porcentaje mayor o igual a 30 %, al cruzar los nicoles se aprecia, un enrejado en direcciones orientadas, y en algunos casos es tan porosa que no se puede apreciar la forma. (C.V.G. Gerencia de minería Jefatura de Área de Geología, 2.005).

2.20.3 Magnetita (MAGN)

Fórmula Fe_3O_4 , es el mineral primario constituyente de la formación de Fe, producto de procesos de recristalización temprana derivados del metamorfismo regional. Los granos son aproximadamente isométricos y de forma idiomórfica. La magnetita se asocia estrechamente con hematita, en cantidades generales subordinadas. (C.V.G. Gerencia de minería Jefatura de Área de Geología, 2.005).

3.20.4 Goetita (GOE)

Fórmula $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, se define como oxido de hierro hidratado, con nicoles paralelos presenta un color de gris claro a oscuro dependiendo del grado de cristalinidad, puede tomar forma botroidal, maciza, acicular, criptocristalina.

Cuando posee reflexión interna presenta reflejos de color naranja, en escasas oportunidades tonos rojizos observado con nicoles cruzados. También se puede

presentar de forma terrosa compuesta por granos de baja cohesión, formando parte de agregados terrosos en partículas poliminerale. (C.V.G. Gerencia de minería Jefatura de Área de Geología, 2.005).

3.21 Características estructurales

Una partícula puede estar formada de un solo cristal (monocristalina) o de varios cristales (policristalina). (Figura 3.6).

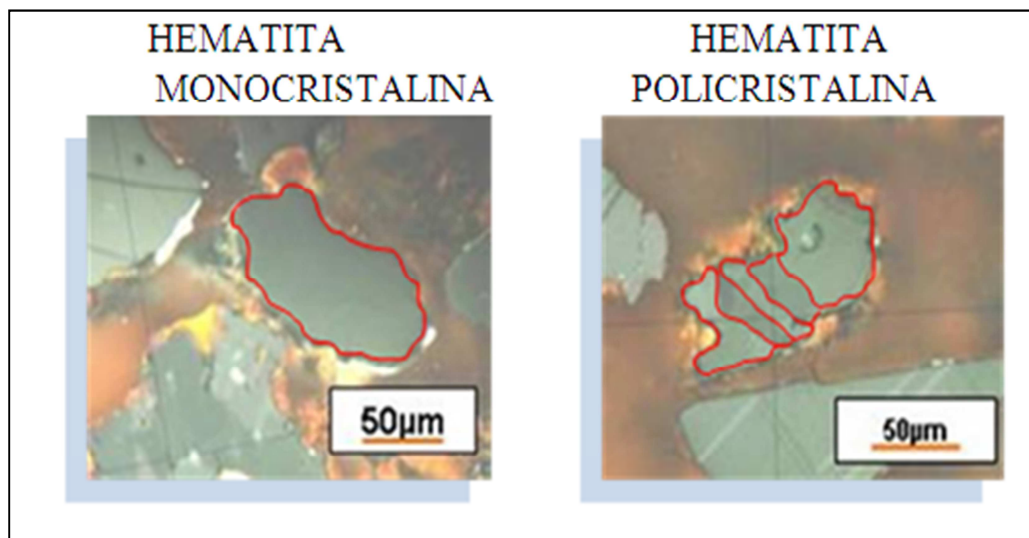


Figura3.6 Hematitas monocristalina y policristalina.(CVG Gerencia de mineria jefatura de área de geologia).

Las partículas monocristalinas son difíciles de moler mientras que las partículas policristalinas tienen mejor moliendabilidad.

Otro aspecto importante es la morfología (forma de los cristales), puede ser tabular o granular.

Es necesario determinar también la forma en que los diferentes cristales se asocian entre ellos, la cual puede ser plana (recta) o lobulada (rugosa, sinuosa). (Figuras 3.7 y 3.8).

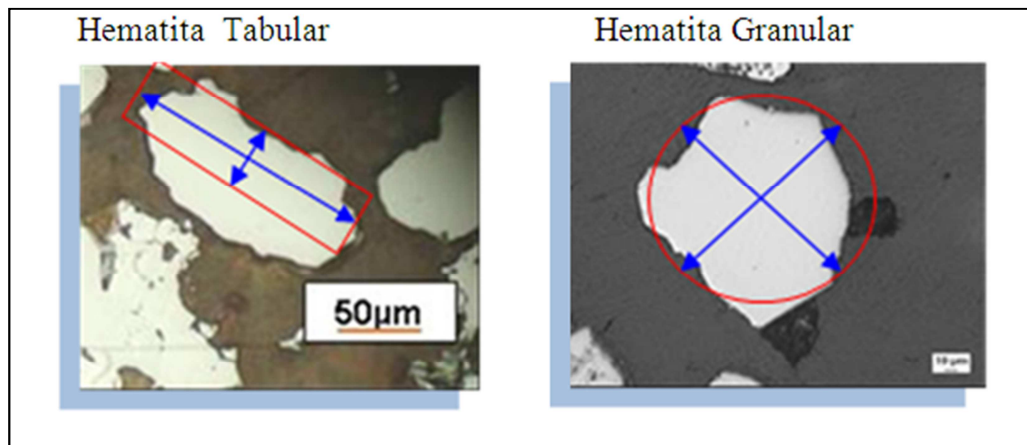


Figura3.7 Hematitas tabular y granular.(CVG Gerencia de Minería Jefatura de Área de Geología).

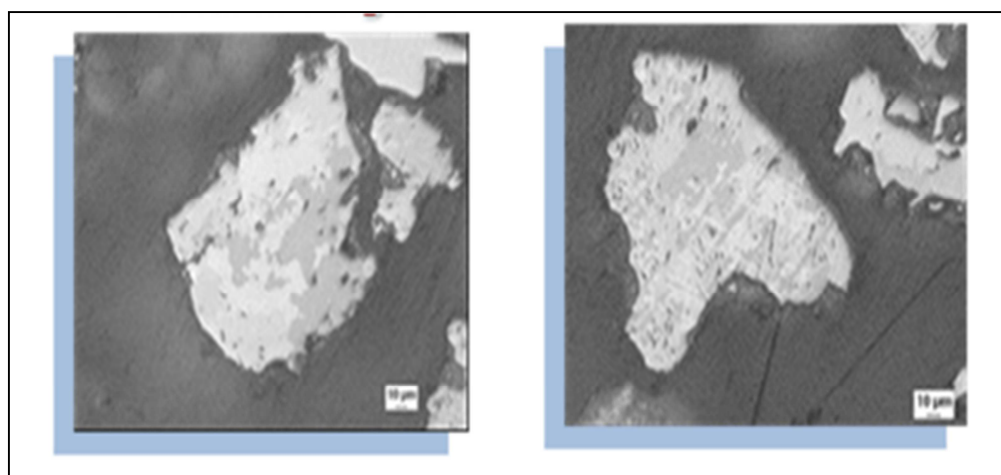


Figura3.8 Hematitas granular rugosa y Martita.(CVG Gerencia de Minería Jefatura de Área de Geología).

En cuanto a la porosidad se puede dar un valor de porcentaje al ojo según una tabla de porosidades, para el caso de la martita se considera compacta con $< 30\%$ de porosidad y martita porosa con $> 30\%$ de porosidad. (Figura 3.9).

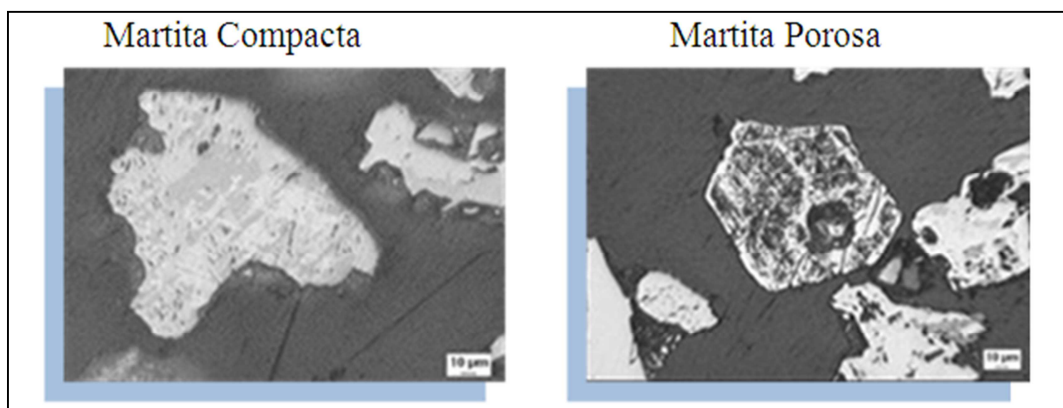


Figura3.9 Martita compacta y porosa.(CVG Gerencia de Minería Jefatura de Área de Geología).

3.22 Metamorfismo

Es un proceso que produce cambios en la mineralogía y/o la textura de una roca en estado sólido. El proceso se debe sobre todo al reajuste de la roca a condiciones físicas diferentes a las reinantes cuando la roca se formó y que también son diferentes a las condiciones físicas imperantes en la superficie de la Tierra y durante la diagénesis. El proceso puede coexistir con fusión parcial y puede también implicar cambios en la composición química global de la roca.

3.23 Tipos de metamorfismo

En función de la extensión y de la causa del metamorfismo se puede hablar de:

3.23.1 Metamorfismo local. De poca extensión

3.23.1.1 Metamorfismo de contacto: **está** causado por el aumento de temperatura que se produce cuando en una zona aparece una intrusión magmática que calienta una extensión de las rocas que la rodean. Se trata de un metamorfismo térmico y estático, en donde no se producen esquistos, sino rocas de grano fino con fractura astillosa denominadas corneanas.

Debido a la baja conductividad térmica de las rocas, los gradientes térmicos son grandes y las aureolas de contacto son de poca extensión, pudiéndose notar grandes diferencias de tipo mineralógico, en función de la distancia al foco de calor.

3.23.1.2 Metamorfismo cataclástico: se produce en las proximidades de fallas y cabalgamientos, en donde la trituración mecánica y las fuerzas de cizalla provocan cambios de textura en las rocas. En estos procesos no se producen grandes calentamientos, no se dan cambios químicos ni mineralógicos, pero la presencia de fluidos puede provocar fenómenos de alteración posteriores. Algunas de las rocas que aparecen, como consecuencia de estos procesos, son las brechas de fricción, las milonitas y las pseudotaquilitas, cada una de ellas con el tamaño de grano más fino.

3.23.2 Metamorfismo regional de mayor extensión

3.23.2.1 Metamorfismo dinamotérmico: Está relacionado con las grandes formaciones orogénicas y está causado por calentamientos que pueden alcanzar 800 °C. A diferencia con el metamorfismo de contacto, además del calentamiento, intervienen movimientos que provocan en las rocas la aparición de texturas esquistosas (micaesquistos).

3.23.2.2 Metamorfismo de soterramiento: Las rocas sedimentarias y magmáticas pueden ser enterradas a causa de diversos procesos geológicos y llegar a encontrarse a grandes profundidades y temperaturas de hasta 450 °C. No son frecuentes, en este caso, los movimientos que provoquen [esquistosidades](#), aunque sí que se suelen dar cambios mineralógicos.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Nivel de investigación

4.1.1 Investigación descriptiva y exploratoria

El nivel de investigación llevado a cabo se divide en dos partes: una parte exploratoria y una parte descriptiva.

Consta de una parte exploratoria, ya que son pocos los trabajos que han realizado sobre el tema de caracterización mineralógica y tecnológica de la mina los barrancos.

Una parte descriptiva de esta investigación consiste en analizar microscópicamente cada una de las muestras.

Se definen sus aspectos físicos tales como consistencia, color, porosidad y granulometría.

A nivel microscópico se identifican minerales como la Hematita, Magnetita, Martita, Goetita, Cuarzo, Gibbsita según sus características ópticas, se caracterizan los aspectos texturales de los mismos, haciendo énfasis en su cristalografía, morfología y porosidad, referencia a sus características más resaltantes.

4.2 Diseño de investigación

Se basa en una investigación de campo, las muestras fueron seleccionadas de la base de datos de sondeos geoexploratorios perteneciente a la mina Los Barrancos, para ser analizadas en un periodo de seis meses.

Dichos análisis consisten análisis químicos, microscopia óptica y evaluación de resultados mediante estadística básica.

4.3 Técnicas de recolección de datos

La recopilación de datos que permitirá la ejecución del trabajo de grado se obtuvo de consultas realizadas a Tesis de Grado e informes, así como también de la Jefatura de Área Geología de Ferrominera Orinoco C.A.; de igual manera se hicieron consultas a la red de internet, ampliando la documentación del proyecto.

A continuación se presenta el flujograma de trabajo donde se desarrollaron cada una de las actividades realizadas en este proyecto. (Figura 4.1).

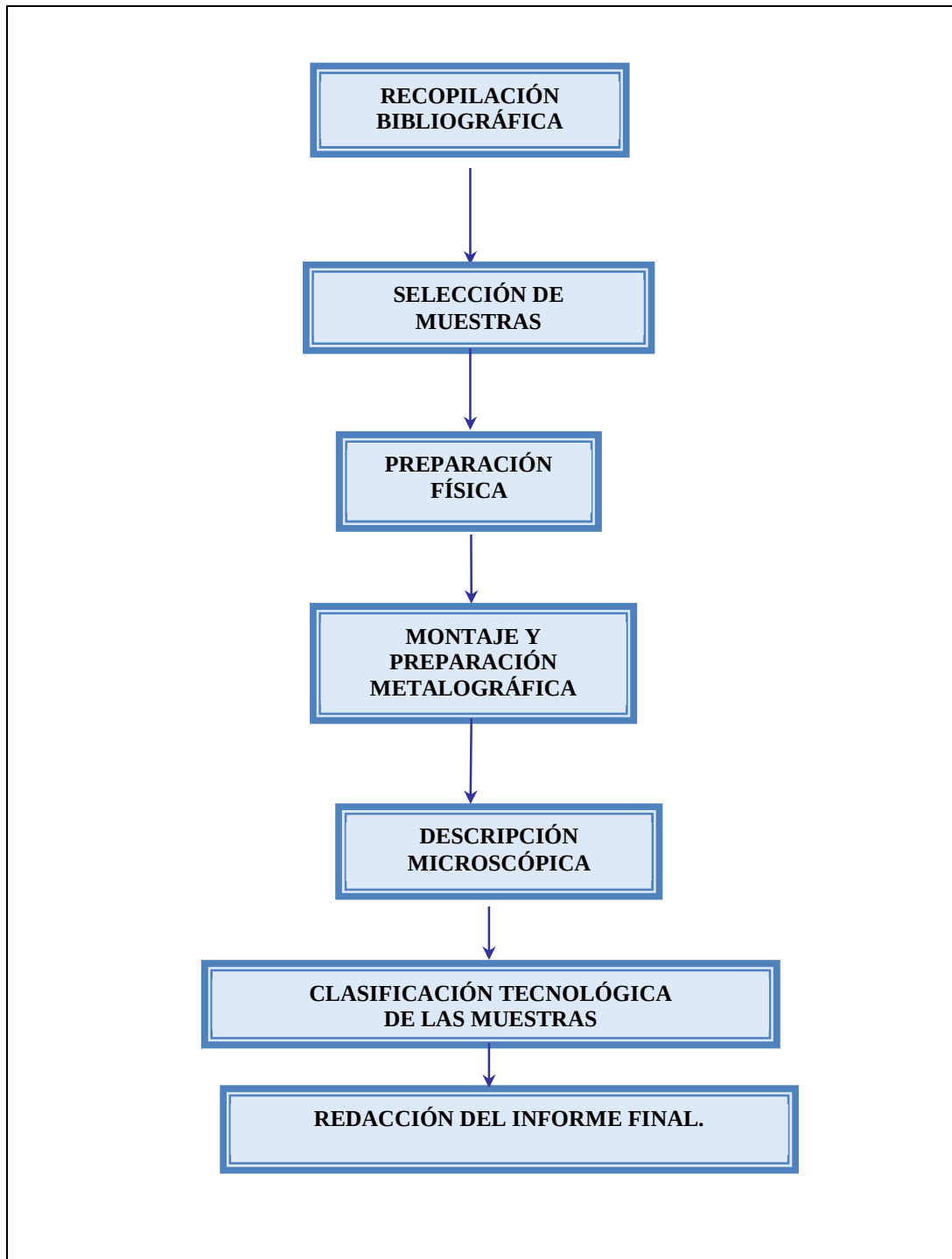


Figura 4.1 Flujograma de trabajo.

4.4 Recopilación bibliográfica

Se recopila toda la información existente y disponible de los estudios previos correspondientes a la mina Los Barrancos haciendo énfasis en la mineralogía predominante ya sea en textos, trabajos anteriores, informes o cualquier otro documento que guarde alguna relación con el proyecto realizado. Además todo lo referente a datos suministrado por los análisis químicos realizados en el laboratorio de la empresa ubicado en Ciudad Piar.

4.5 Selección de muestras

Las muestras utilizadas provienen de las exploraciones geoexploratorias del yacimiento Los Barrancos, el objeto es tomar muestras de alto tenor de todos los tipos litológicos existentes y accesibles de la mina, siempre y cuando estas se encuentren dentro de las áreas y niveles programados para la producción

Para este trabajo se seleccionaron 21 muestras de sondeos con un total de 84 baquelitas que corresponden a dichos tipos litológicos característicos de la mina, tales como diferentes tipos de costras y finos, a fin de comparar con la base de datos existentes de los resultados anteriores y hacer los ajustes necesarios a partir de estos análisis.

Si las muestras se encuentran húmedas se procede a secarla. Una vez seca la muestra es cuarteada y colocada en bolsas debidamente identificadas con fecha, número de hueco, yacimiento, tipo de taladro o intervalo de profundidad alcanzada.

4.6 Preparación física de las muestras

Para el proceso de elaboración de las muestras de baquelitas se realizó un trabajo conjuntamente con la Siderúrgica del Orinoco (SIDOR), específicamente con la Dirección de Calidad.

CVG ferrominera Orinoco se encarga de la preparación física de las muestras. El criterio de muestreo va a depender de la variabilidad química, variabilidad litológica y ubicación espacial de la muestra principalmente.

a) Variabilidad química y litológica: Si dentro de un sondeo existen varias muestras consecutivas de la misma litología y sin variabilidad química, se toma una muestra cada seis (6) metros.

Si hay Variabilidad litológica se toma una muestra por cada tipo litológico existente.

Si hay variabilidad química se toma una muestra de la que esté fuera del rango establecido por FMO.

b) Ubicación espacial: Se seleccionan las muestras de las zonas planificadas para la producción. Se toman en cuenta los niveles de producción para así facilitar en el futuro la elaboración de diseños geológicos y mineralógicos.

4.6.1 Muestreo

4.6.1.1 Materiales

1. Muestra: ésta puede ser de sondeos geoexploratorios, conos de voladura, pilas, frentes de exploración, geología de superficie, muestreos especiales, entre otras (en este caso se trabajo con muestras de sondeos).

2. Bolsas plásticas.

3. Mascarilla.

4.6.1.2 Procedimiento

1. Se homogeniza la muestra utilizando una bandeja donde se vacía el frasco y con una pala pequeña se cuartea, se toman los lados opuestos, se mezclan, se cuarteán, se vuelven a tomar los lados opuestos y eso se repite hasta que se obtenga la cantidad de muestra deseada.

2. Se toman de 100 a 200 gr. de la muestra en una bolsa plástica.

3. Se identifica la bolsa con el nombre de la mina, tipo y número de sondeo, profundidad. (Figura 4.2).

4. Así obtenemos la muestra que se va a triturar.

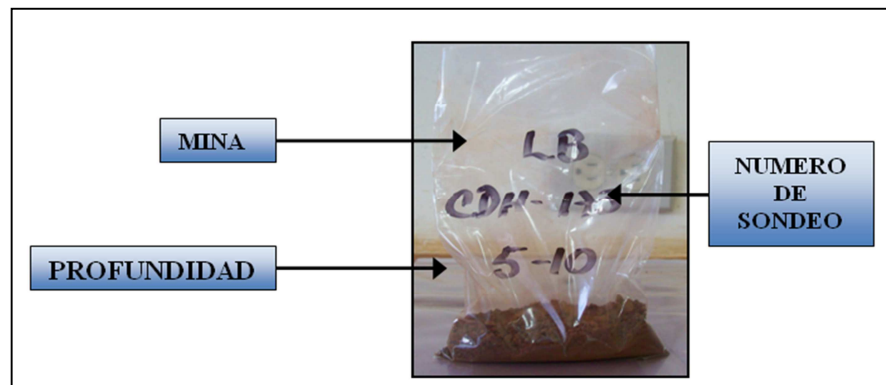


Figura 4.2 Muestra identificada.

4.6.2 Trituración

4.6.2.1 Materiales

1. Tamiz #70.
2. Bandeja.
3. Embudo.
4. Mortero.
5. Mazo (martillo).
6. Muestra obtenida en el procedimiento anterior.

4.6.2.2 Procedimiento

Nota: antes de realizar los siguientes pasos se revisa si la muestra está seca o húmeda. En caso de estar húmeda se procede a secarla.

a. Se vierte la muestra total obtenida del muestreo en el tamiz #70 colocando éste sobre una bandeja receptora, de manera que al tamizar manualmente la muestra, ésta cae en la bandeja, se utiliza este número de tamiz para garantizar que la muestra obtenga una granulometría relativamente homogénea, por debajo de la malla 70.(Figura 4.3).

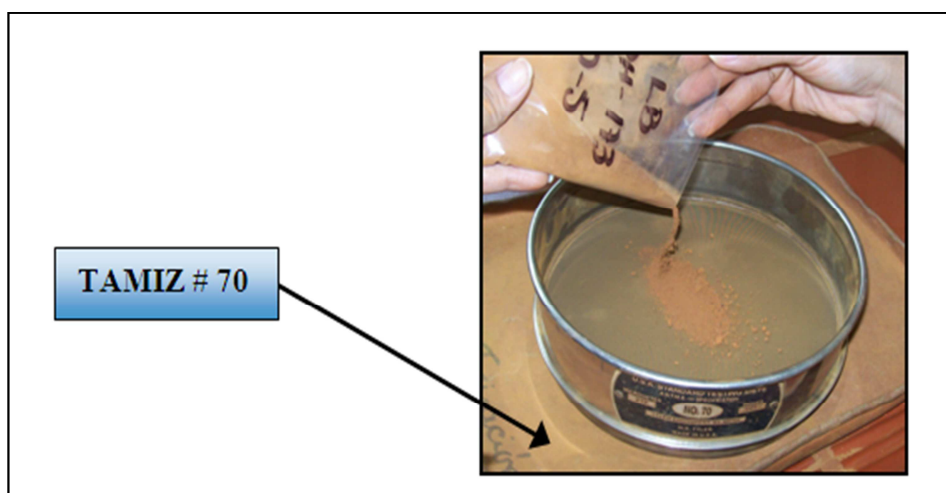


Figura 4.3 Tamizado manual.

b. La muestra que queda retenida en el tamiz # 70, se procede a triturar en un mortero poco a poco con ayuda de golpes secos, hasta que pase toda la muestra por la malla 70.El tiempo de trituración varía según el tipo de muestra (muestra gruesa o fina.). (Figura 4.4).

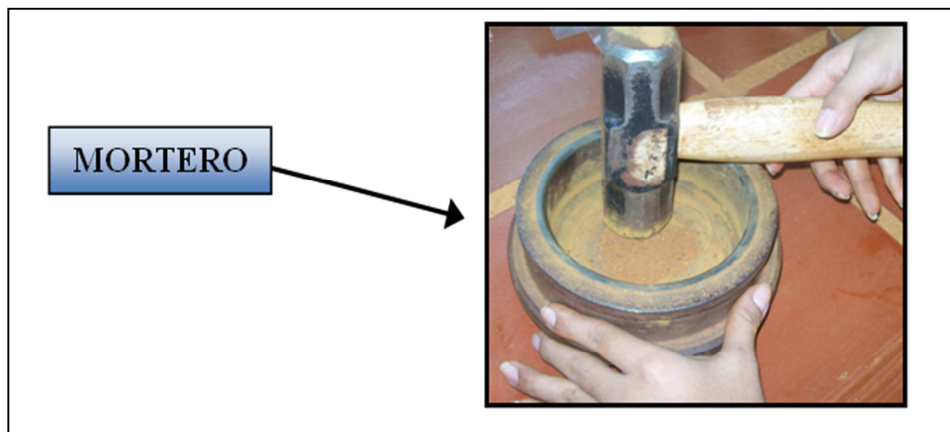


Figura 4.4 Proceso de trituración de la muestra.

c. La muestra procesada se vierte en una bolsa con ayuda de un embudo con mucho cuidado de no perder material. (Figura 4.5).

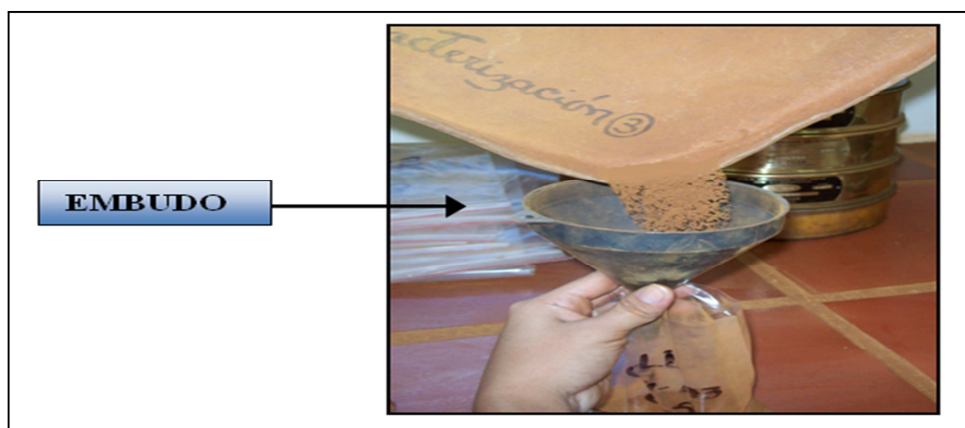


Figura 4.5 Cernido del material.

4.6.3 Tamizado

4.6.3.1 Equipos y Materiales

1. Tamizadora.

2. Juego de tamices (+150, +200, +325 y -325).
3. Muestra triturada.
4. Bandejas.
5. Embudo.
6. Cilindro Graduado.
7. Bolsas plásticas.
8. Mascarilla.

4.6.3.2 Procedimiento:

- a. Se vierte la muestra triturada en el juego de tamices y se tapa. (Figura 4.6).

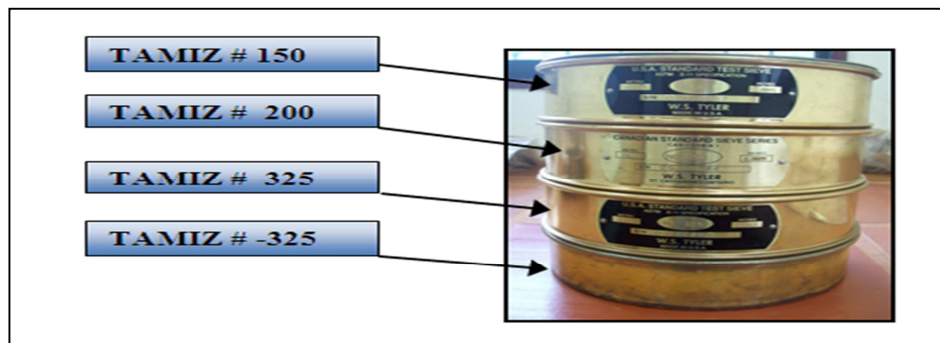


Figura 4.6 Juego de tamices.

b. Se lleva el juego de tamices a la tamizadora por un tiempo de diez (10) minutos. Transcurridos los diez (10) minutos se retira el juego de tamices. (Figura 4.7).

c. Se realiza una separación granulométrica en 4 fracciones: +150, +200, +325 y -325.

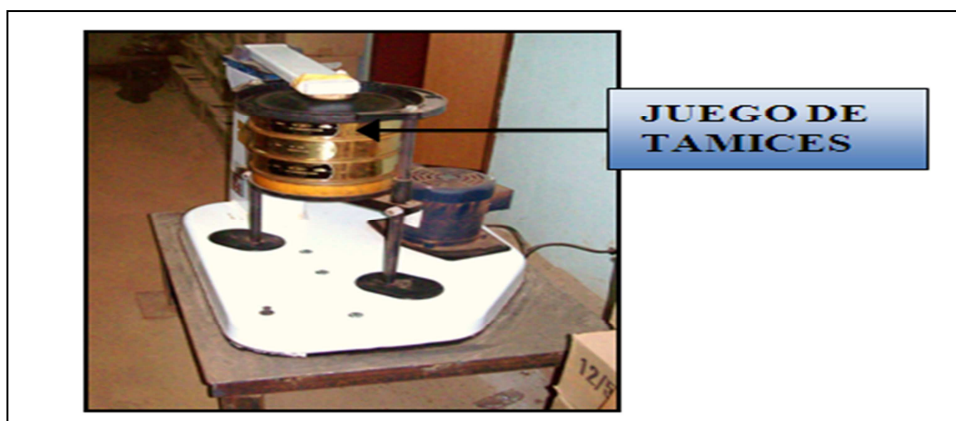


Figura 4.7 Tamizadora.

d. Se vierte el contenido de cada tamiz en su bandeja receptora, para evitar confusión al momento de la identificación de las muestras se recomienda colocar las

bandejas una al lado de la otra agregar las muestras en el siguiente orden: +150, +200, +325, -325. Es recomendable marcar las bandejas para no confundirlas.

e. Se vierte el mineral de la bandeja en el cilindro graduado con ayuda de un embudo, evitando golpear el cilindro para no compactar la muestra ya que esto llevaría a incurrir en errores en la medición. Este procedimiento se realiza con cada una de las bandejas. (Figura 4.8).



Figura 4.8 Cilindro graduado y embudo.

f. Llevar el cilindro graduado a la altura de la vista y anotar el volumen aparente indicado en nuestra libreta de apuntes. Este valor es necesario para calcular el peso específico de las fracciones granulométricas. (Figura 4.9).

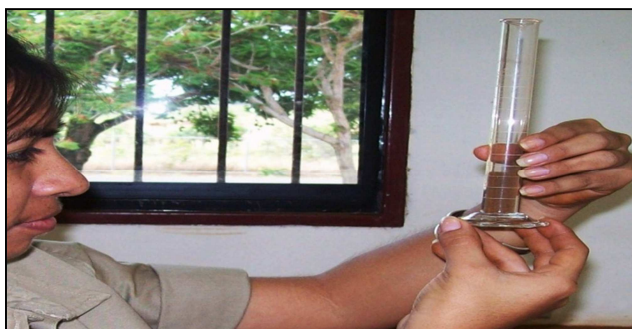


Figura 4.9 Volumen aparente.

g. Se vierte el contenido del cilindro graduado en una bolsa, con cuidado de manera de no derramar la muestra.

h. Cada bolsa debe estar identificada con nombre de la mina, número de muestra y número de tamiz al cual pertenece. Para mayor seguridad y veracidad de los datos se engrapa cada una de estas bolsas con una tarjeta de identificación que contiene la misma información de la bolsa.

i. En este procedimiento se obtienen cuatro (4) bolsas correspondientes a las diferentes fracciones granulométricas de una misma muestra. (Figura 4.10).

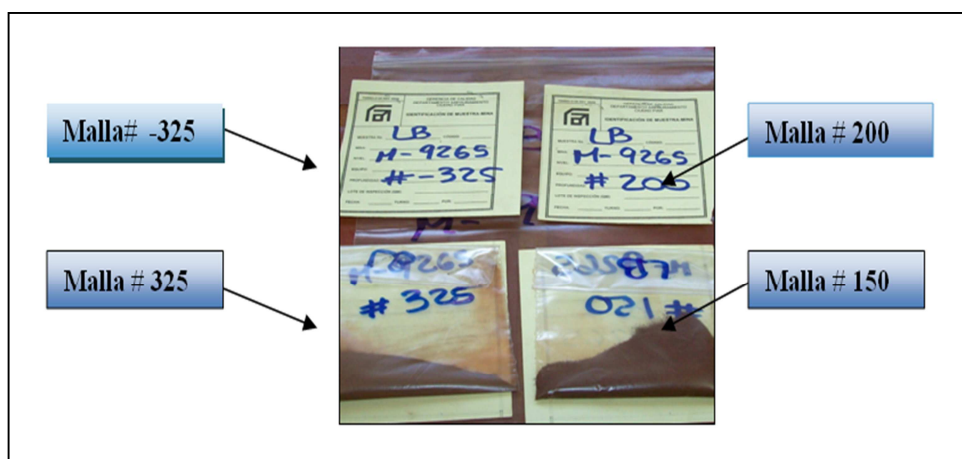


Figura 4.10 Muestras por fracción granulométrica.

Una vez finalizado el proceso de preparación física, semanalmente se entregada a SIDOR 25 muestras conjuntamente con un memo con los volúmenes aparentes, el porcentaje de alúmina (Al_2O_3) y el porcentaje de manganeso (Mn) de cada fracción granulométrica.

4.7 Procedimientos utilizados para la elaboración de baquelitas que se lleva a cabo en la empresa SIDOR

4.7.1 Herramientas, equipos e instrumentos

1. Resina.
2. Grasa de vacío.
3. Papel secante.
4. Guantes quirúrgicos.
5. Campana de Extracción de Gases.
6. Envase para mezclar.

4.7.2 Montaje de Muestras

4.7.2.1 Resinas a utilizar según el tipo de muestra: las resinas a utilizar para este tipo de muestras son:

1. Resina de fraguado rápido: Pila, TSM, Sondeos.
2. Resina de Fraguado Lento: Pellas, HRD, Muestras especiales.

4.7.2.2 Preparación de resinas

Fraguado rápido (acrílica)

1. Se necesitan 15 ml de Resina, en el vaso para la mezcla.
3. Se agregan 22.5 ml de endurecedor utilizando la cuchara de medición, la misma posee una medida mínima de 5ml y máxima de 15ml.

Fraguado Lento (Epoxy)

1. Se pesa principalmente el recipiente, utilizando la balanza.
2. Se realiza la preparación de la resina para la mezcla con el mineral.
3. Se mezcla por 2 minutos de una manera circular de abajo hacia arriba.
4. Se agrega en los moldes mezclando con el mineral y se deja reposar por 30 minutos, luego se prepara la resina para el relleno y/o identificación de la baquelita.

4.7.3 Preparación metalográfica

4.7.3.1 Herramientas, equipos e instrumentos

1. Desbastadora de Cinta.
2. Pulidora POLIMET 1000 Manual.
3. Microscopio Óptico con sistema de polarización.

4. Alúmina de 1 μ m.
5. Alúmina de 0,3 μ m Contador Celular.

4.7.3.2 Pasos a seguir

- a. Acondicionamiento de la muestra: antes de iniciar la preparación metalográfica de la muestra, ésta se debe lavar con jabón para eliminar la grasa que se puede encontrar en la superficie.
- b. Desbaste grueso: Se elimina la rebaba con la banda de esmeril de grano n° 80 o 120, pasándolo por la parte superior de la muestra. Utilizándolo solo para eliminar la rebaba de la baquelita en la parte superior de la misma. Cuidando de no dejar sin mineral la muestra.
- c. Desbaste fino: se obtiene una superficie plana, el cual debe realizarse mediante la desbastadora de cinta o utilizando el papel de lija, girando la muestra 90° entre cada paso, para garantizar que se eliminen las rayas producidas en el paso anterior.
- d. Se utiliza la banda de esmeril de grano n° 320. Desbastar hasta que se eliminen las irregularidades, sin eliminar el mineral de la baquelita.
- e. Luego se procede a redondear los bordes de la parte inferior de la baquelita, para evitar dañar el paño mientras se realiza la operación de pulido.
- f. Este se coloca papel de lija n° 500 sobre una superficie plana y limpia, se le agrega agua, la muestra se sujeta con la mano, se mueve longitudinalmente de un extremo a otro del papel, ejerciendo una presión suave.

- g. Las rayas producidas deben quedar todas paralelas.
- h. El final de la operación de desbaste fino, esta determinado por la desaparición de las rayas producidas por el desbaste.
- i. Pulido: Colocar la muestra sobre los discos de pulido, los cuales están cubiertos con paños de calidad apropiada para realizar esta última etapa que es para eliminar de la superficie por completo las rayas finas producidas en la ultima operación de desbaste y conseguir una superficie con un alto pulimento.
- j. Agregar agua al paño para limpiarlo y humedecerlo.
- k. Encender el equipo y agregar un abrasivo, alúmina de $1\text{ }\mu\text{m}$ en el paño de pulido grueso y $0,3\text{ }\mu\text{m}$ en el paño de pulido fino, antes de colocar la muestra sobre el paño de pulido.
- l. Aplicar una presión moderada y girar continua y lentamente en sentido contrario al movimiento del disco. Se sugiere sujetar la muestra con las dos manos, para así aplicarle mayor presión a la misma. La suspensión del abrasivo se añade a intervalos durante la operación, intercalando con agua para limpiar el paño de las partículas de mineral que se generan durante este procedimiento.
- m. La muestra estará pulida cuando se observe brillo metálico en las mismas.
- n. Se les aplica alcohol a las muestras y son secadas con papel suave y luego aplicarle aire caliente forzado.
- o. Envolver en papel suave cada baquelita, para proteger la superficie pulida y almacenar en una bolsa o sobre debidamente identificado, para entregarlas. (Figura

4.11).



Figura 4.11 Baquelitas una vez terminada de pulir.

4.8 Descripción mineralógica de las muestras

Una vez preparadas las muestras se procede a identificar los caracteres descriptivos de las muestras usando un microscopio polarizante de luz reflejada, examinando mínimo 500 partículas por muestra.

4.8.1 Caracterización cuantitativa (conteo de granos)

Una vez observada la pastilla se procede al conteo de granos, esta es una técnica utilizada para determinar la cantidad en porcentaje de los minerales presentes en la muestra estudiada. Según los estudios de los expertos de la Universidad Federal de Ouro Preto (UFOP) es necesario contar, por lo menos, 500 granos, según sea el caso, para tener una caracterización cuantitativa relativamente precisa y representativa.

Para simplificar dicho conteo se puede usar la siguiente técnica: cuando se observa una partícula mixta (de dos o varios minerales), se determina cual es el

mineral predominante y se anota en la casilla de 100 % como si dicho mineral formando 100% de esta partícula. (Figura 4.12).

En cada una de las partículas observadas en la parte izquierda de la figura 4.12, la martita es el mineral predominante. Para tomar en cuenta la magnetita también, se realiza lo siguiente; si la magnetita observada puede formar en total un grano entero, se anota una observación para la magnetita y 2 para la martita (parte derecha de la figura 4.12).

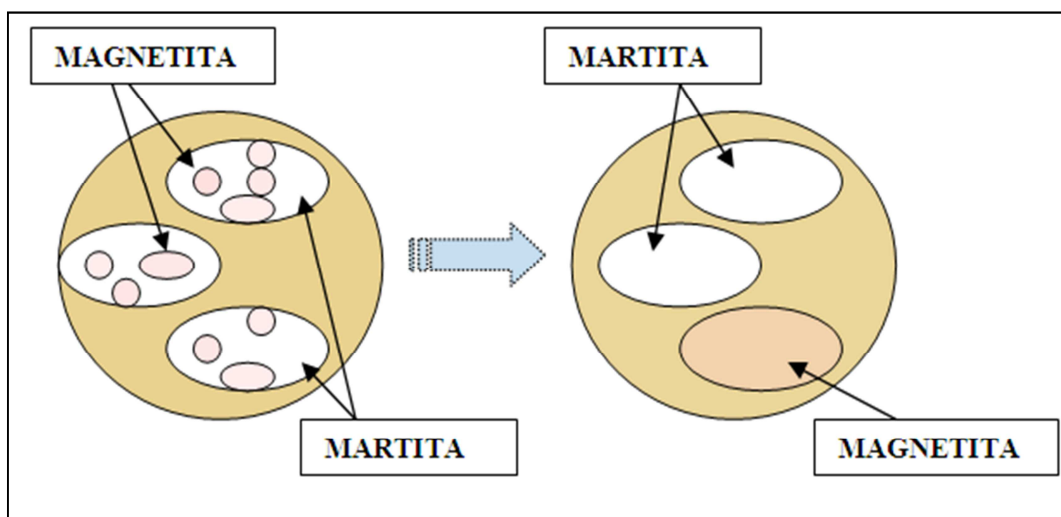


Figura 4.12 Simplificación del conteo cuantitativo de minerales. (Caracterización Tecnológica del Mineral de Hierro, Gyongyi Tihor).

Si la magnetita, en ninguna de las observaciones realizadas puede formar un grano entero, por su poca presencia, se anota como resultado de la caracterización que se presenta en menos de un 1%.

Según estudios anteriores realizados por CVG Ferrominera Orinoco encontraremos los siguientes minerales en base a las características ópticas:

1. Hematita monocristalina (HM), Hematita Policristalina (HP), Hemetita Granular Rugosa (HGR).
2. Martita (MART).
3. Magnetita (MAGN).
4. Goetita (GOE).
5. Cuarzo (QZO).
6. Gibbsita y Otros (OTRO).

Luego se determinan de las características estructurales de los minerales como las siguientes:

1. Forma del grano (tabular, granular).
2. Cristalografía (monocristalino, policristalino).
3. Porosidad (compacta, porosa).
4. Tamaño promedio de los granos.
5. Presencia de inclusiones.

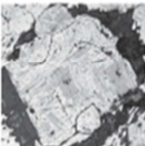
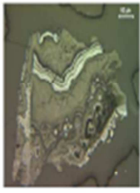
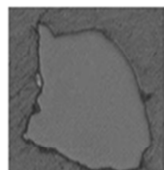
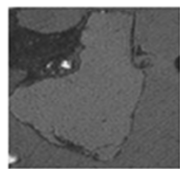
Luego realizar los cálculos para establecer los porcentajes en peso de cada mineral, en función del volumen de mineral encontrado en cada fracción volumétrica.

Para caracterizar microscópicamente las muestras, lo primero es determinar las fases minerales presentes en las menas, basándose en las características ópticas del mineral. En la siguiente tabla se presenta los minerales más frecuentes encontrados en las menas de los yacimientos de hierro de Venezuela. (Figura 4.13).

MINERAL	DEFINICIÓN	OBSERVACIÓN CON NICOLES PARALELOS	OBSERVACIÓN CON NICOLES CRUZADOS
 Hematita granular lisa	Hematita compacta que presenta granos y cristales equiaxiales de superficie lisa.	Color: blanco con alta reflectividad Forma: equiaxial. Aspecto: compacta pudiendo presentar maclaje.	Color: se aprecian los diferentes cristales, en tonalidades de grises. Forma: cristales equiaxiales con lados rectos y/o con ondulaciones suaves.
 Hematita granular rugosa	Hematita compacta que presenta granos y cristales equiaxiales de superficie irregular.	Color: blanco con alta reflectividad. Forma: equiaxial. Aspecto: compacta pudiendo presentar maclaje.	Color: se aprecian los diferentes cristales, en tonalidades de grises. Forma: cristales equiaxiales con lados formando líneas irregulares.
 Hematita tabular	Hematita compacta que presenta granos de forma alargada y euhédrica	Color: blanco con alta reflectividad. Forma: alargada. Aspecto: compacta pudiendo presentar maclaje.	Color: se aprecian los cristales en diferentes tonos de grises. Forma: los cristales se presentan alargados.

Figura 4.13 Identificación de las características ópticas de los minerales de hierro.

Continuación de la figura 4.13.

MINERAL	DEFINICIÓN	OBSERVACIÓN CON NICOLES PARALELOS	OBSERVACIÓN CON NICOLES CRUZADOS
 Martita	Hematita resultante del proceso de oxidación de la magnetita.	Color: blanco con poros. Forma: cúbica, euhédrica. Porosidad: siempre presenta poros, pudiendo ser variable entre las martitas.	Color: se aprecian diferentes tonos de grises y blancos. Al cruzar los nicoles se aprecian granos con direcciones orientadas.
 Goetita masiva	Se caracteriza por presentar granos de baja cohesión.	Color: gris oscuro, marrón o rojo. Aspecto: terroso.	Color: reflejos rojizos con baja reflectividad.
 Goetita Terrosa	Oxido de hierro hidratado	Color: gris claro a oscuro dependiendo de la porosidad. Forma: botroidal, maciza, acicular, criptocristalina	Color: reflejos rojizos con baja reflectividad.
 Agregado terroso	Granos que presentan microporosidad y tienen baja cohesión.	Aspecto: terroso, pudiendo ser una matriz o cemento entre partículas de otros minerales.	
 Cuarzo		Color: igual a la resina. Forma: equiaxial. Aspecto: presenta bordes bien definidos, sobresaliendo de la resina por presentar una dureza mayor.	Cuando posee defectos, presenta reflexión interna de color blanco.
 Gibbsita		Color: igual a la resina. Forma: equiaxial. Aspecto: se presenta al mismo nivel de la resina, con límites más finos.	

Continuación de la figura 4.13.

MINERAL	DEFINICIÓN	OBSERVACIÓN CON NICOLES PARALELOS	OBSERVACIÓN CON NICOLES CRUZADOS
 Magnetita	Granular compacta, generalmente alterándose a hematita (martita)	Color: Blanco con alta reflectividad. Forma: cúbica, euhédrica Porosidad: presenta poros, pudiendo ser variable en las martitas.	Color: negro

4.9 Clasificación tecnológica de las muestras

La clasificación tecnológica de las muestras se realizara en función de los porcentajes en los cuales se encuentren por encima de un valor máximo y se coloca una subclasificación colocando los minerales, que se encuentren entre el rango máximo y mínimo. (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Rangos máximos y mínimos utilizados para la caracterización tecnológica.
(Caracterización tecnológica del mineral de hierro, Lautner Gyongyi, 2005).

	CLASIFICACIÓN PRINCIPAL	CLASIFICACION SECUNDARIA
HM	> 30 %	15-30 %
HP	> 30 %	15-30 %
HGR	> 30 %	15-30 %
MART	>30 %	15-30 %
MAGN	>10 %	5-10 %
GOE	>30 %	15-30 %
QZO	>6 %	4-6 %
OTRO	> 10 %	5-10 %

Los minerales que presenten un porcentaje por debajo del mínimo no se colocan dentro de la clasificación tecnológica. (Tablas 4.2 y 4.3).

Tabla 4.2 Grupo tecnológico y nombre tecnológico. (CVG FMO, Lautner Gyongyi, 2005).

GRUPO TECNOLÓGICO	NOMBRE TECNOLÓGICO
1	HP/GOE-HGR
2	GOE
3	HP-GOE
4	HP/HGR-MART
5	HP-GOE/MART
6	HP-HM
7	GOE/HP
8	HP/GOE
9	HP
10	HP/MART
11	QZO-HP/MART
12	HP/GOE-QZO
13	QZO-HGR/HP (MAGN)
14	HP-GOE/HM
15	GOE/MART (OTRO)
16	GOE-HP/HGR (MART)
17	HGR/MART-GOE-MAGN

Tabla 4.3 Rango mineralógico por tipo tecnológico. (CVG FMO Lautner Gyongyi, 2005).

GRUPO TECNOL.	NOMBRE TECNOLÓGICO	HM	HP	HGR	MART	MAGN	GOETITA	QZO	OTROS
1	HP/GOE-HGR	2 - 13	23 - 47	16 - 39	2 - 14	0 - 6	16 - 33	0 - 1	0 - 1
2	GOE	0 - 15	3 - 14	0 - 12	0 - 1	0 - 1	62 - 93	0 - 1	0 - 3
3	HP-GOE	2 - 13	32 - 56	0 - 10	0 - 12	0 - 2	31 - 510	0 - 1	0 - 1
4	HP/HGR-MART	3 - 10	32 - 55	16 - 34	8 - 27	0 - 7	5 - 14	0 - 1	0 - 1
5	HP-GOE/MART	2 - 11	20 - 47	2 - 12	16 - 35	0 - 12	16 - 45	0 - 1	0 - 1
6	HP-HM	17 - 33	24 - 63	1 - 16	3 - 26	0 - 8	3 - 14	0 - 2	0 - 1
7	GOE/HP	1 - 13	16 - 29	0 - 13	0 - 11	0 - 1	43 - 74	0 - 1	0 - 1
8	HP/GOE	3 - 14	39 - 67	0 - 13	0 - 14	0 - 1	16 - 28	0 - 1	0 - 3
9	HP	3 - 15	49 - 79	0 - 11	3 - 14	0 - 12	5 - 13	0 - 1	0 - 1
10	HP/MART	3 - 13	32 - 64	0 - 12	16 - 32	0 - 9	3 - 13	0 - 1	0 - 1
11	QZO-HP/MART	3 - 14	25 - 65	0 - 15	3 - 24	0 - 5	2 - 13	5 - 33	0 - 1
12	HP/GOE-QZO	1 - 14	14 - 42	0 - 20	2 - 24	0 - 11	16 - 59	2 - 19	0 - 2
13	QZO-HGR/HP (MAGN)	0 - 4	7 - 33	21 - 47	5 - 35	2 - 8	9 - 16	5 - 40	0 - 1
14	HP-GOE/HM	16 - 30	24 - 52	0 - 9	2 - 17	0 - 1	16 - 38	0 - 1	0 - 1
15	GOE/MART (OTRO)	0 - 9	7 - 13	2 - 24	15 - 39	0 - 9	23 - 66	0 - 1	0 - 9
16	GOE-HP/HGR (MART)	0 - 11	17 - 34	16 - 30	2 - 38	0 - 9	18 - 46	0 - 1	0 - 1
17	HGR/MART-GOE-MAGN	0 - 6	4 - 14	18 - 45	17 - 52	3 - 9	17 - 27	0 - 1	0 - 1

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Identificación y cuantificación de los minerales existentes en las muestras, basándose en las características estructurales de los mismos a través de un análisis microscópico

Las muestras de mineral de hierro fueron analizadas en el laboratorio de Caracterización Tecnológica de la Jefatura de Área Geología de CVG Ferrominera Orinoco, utilizando un microscopio óptico polarizante de luz reflejada.

5.1.1 Minerales principales

Entre los minerales principales se encuentran:

Hematita monocristalina.

Hematita policristalina.

Hematita granular rugosa.

Magnetita.

Martita.

Goetita.

Cuarzo.

5.1.2 Cuantificación mineralógica de las muestras

De acuerdo a los resultados mineralógicos obtenidos y respetando los rangos mineralógicos correspondientes se realizó la caracterización mineralógica y tecnológica de la siguiente manera.

5.1.2.1 Muestra M-693: la muestra M-693 contiene en su composición mineralógica un mayor porcentaje de Hematita policristalina 46,20%; Goetita y Agregados 39,20%; de Hematita monocristalina 6,35%; de Martita 6,02%; y el resto está constituido por Magnetita, Cuarzo, Hematita granular rugosa y Gibbsita. (Figura 5.1).

5.1.2.2 Muestra M-696: la muestra M-696 contiene en su composición mineralógica un mayor porcentaje de hematita policristalina 59,13%; hematita granular rugosa 10,37%; goetita 10,39%; cuarzo 7,61%; martita 6,25%; y el resto esta constituido por magnetita, hematita monocristalina y gibbsita. (Figura 5.2).

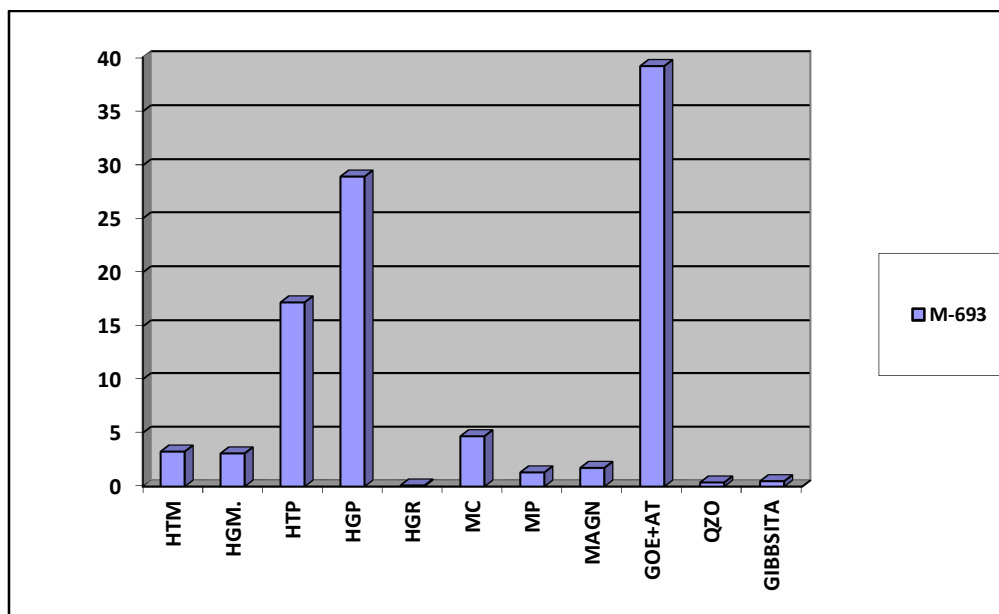


Figura 5.1 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-693.

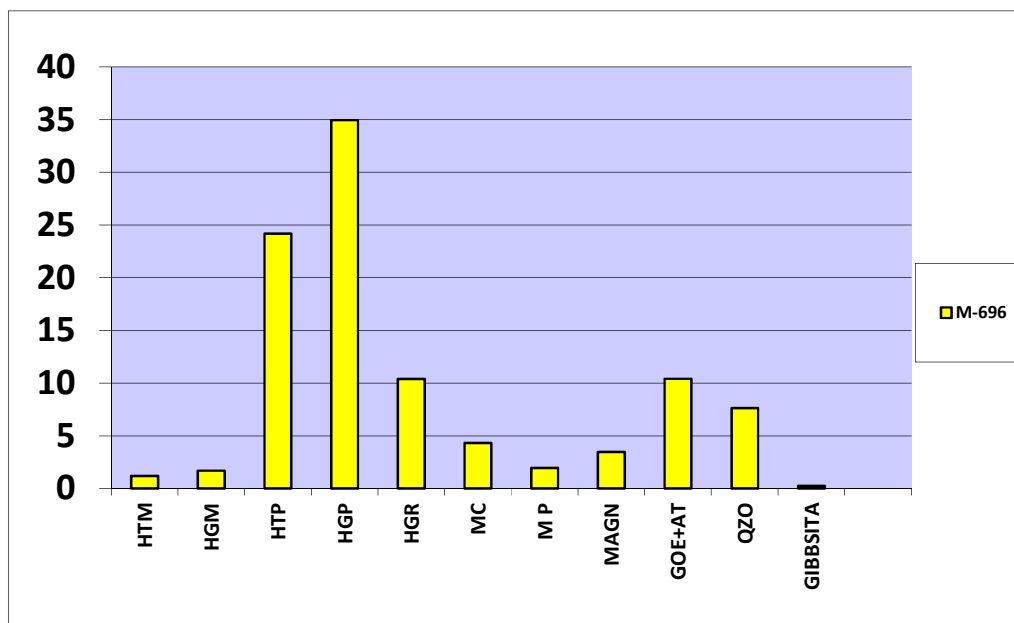


Figura 5.2 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-696.

5.1.2.3 Muestra M-70: la muestra M-701 está constituida en su composición mineralógica por un mayor porcentaje de hematita policristalina 26,23%; de goetita y agregados 54,69%; de martita 16,35%; de lo demás está constituido de hematita granular rugosa, cuarzo, hematita monocristalina y magnetita.(Figura 5.3).

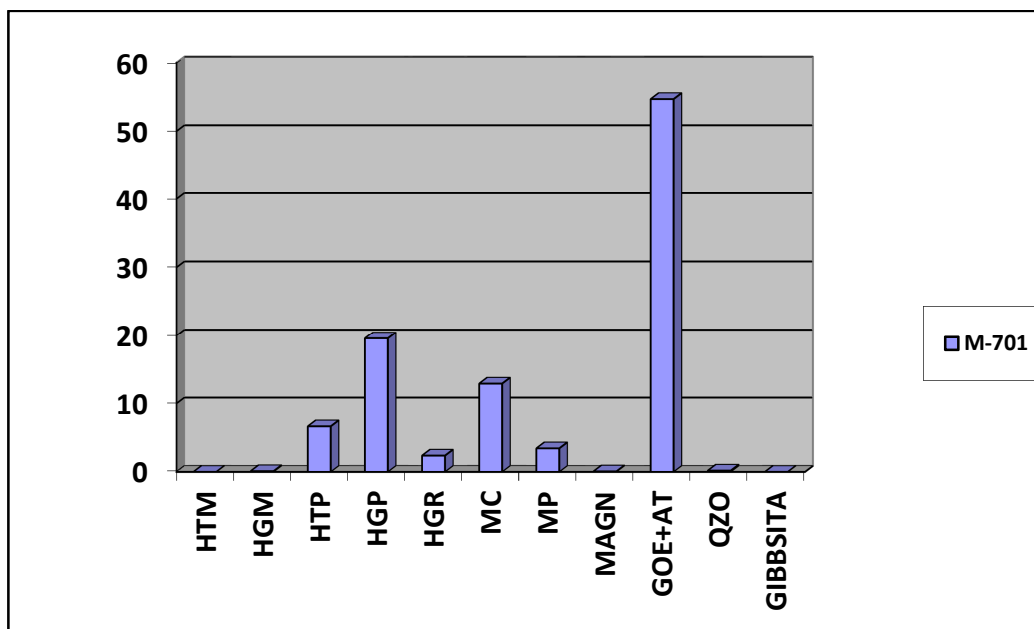


Figura 5.3 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-701.

5.1.2.4 Muestra M-702: la muestra M-702 está constituida en su composición mineralógica por un mayor porcentaje de hematita policristalina 26,94%; de goetita y agregados 41,08%; de hematita granular rugosa 15,18%; lo demás está constituido de martita, magnetita, gibbsita y cuarzo.(Figura 5.4).

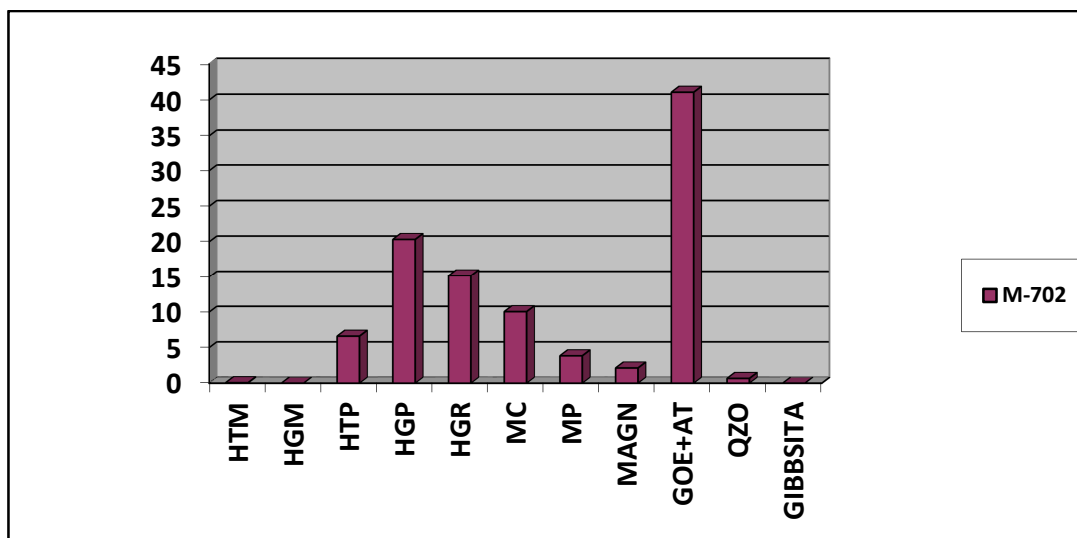


Figura 5.4 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-702.

5.1.2.5 Muestra M-707: la muestra M-707 está constituida en su composición mineralógica por un mayor porcentaje de hematita policristalina 52,29%; de goetita y agregados 27,90%; de hematita granular rugosa 9,04 %; lo demás está constituido de martita, hematita monocristalina, cuarzo, magnetita y gibbsita.(Figura 5.5).

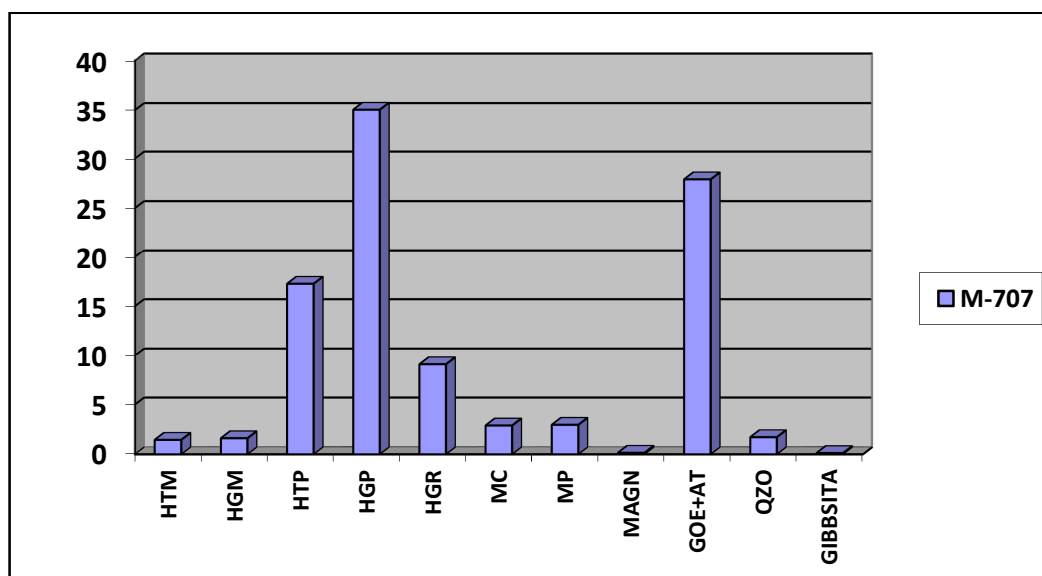


Figura 5.5 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-707.

5.1.2.6 Muestra M-710: la muestra M-710 contienen en su composición mineralógica un mayor porcentaje de hematita policristalina 37,59%; de goetita y agregados 30,95%; de hematita granular rugosa 13,70%; de Martita 11,62%; el resto está constituido por magnetita y cuarzo. (Figura 5.6).

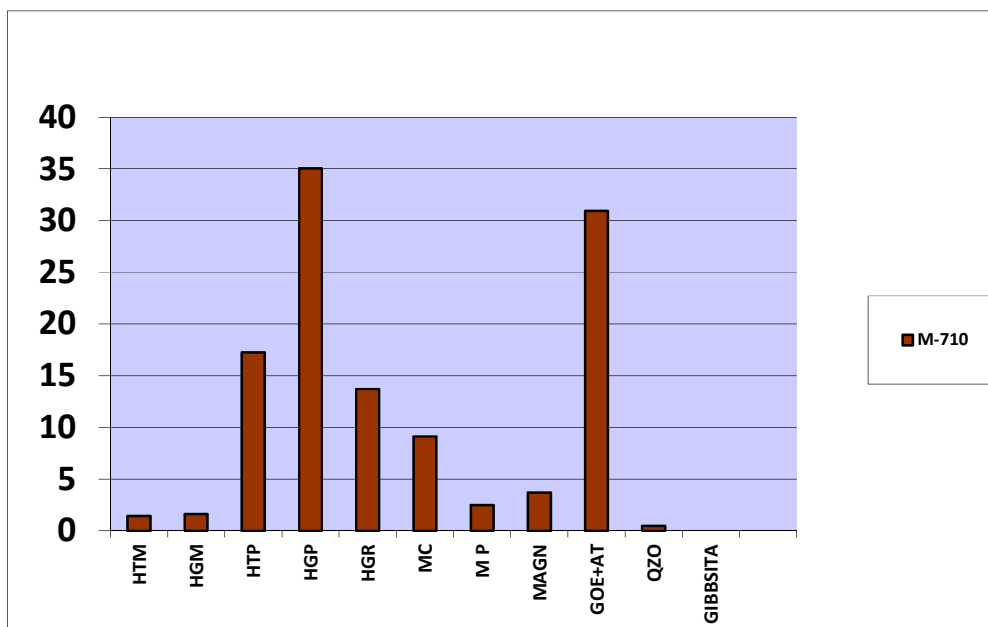


Figura 5.6 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-710.

5.1.2.7 Muestra M-712: la muestra M-712 está constituida en su composición mineralógica por un mayor porcentaje de hematita policristalina 44,93%; de martita 16,64%; de hematita granular rugosa 6,22%; lo demás está constituido de hematita monocristalina, goetita y agregados y magnetita. (Figura 5.7).

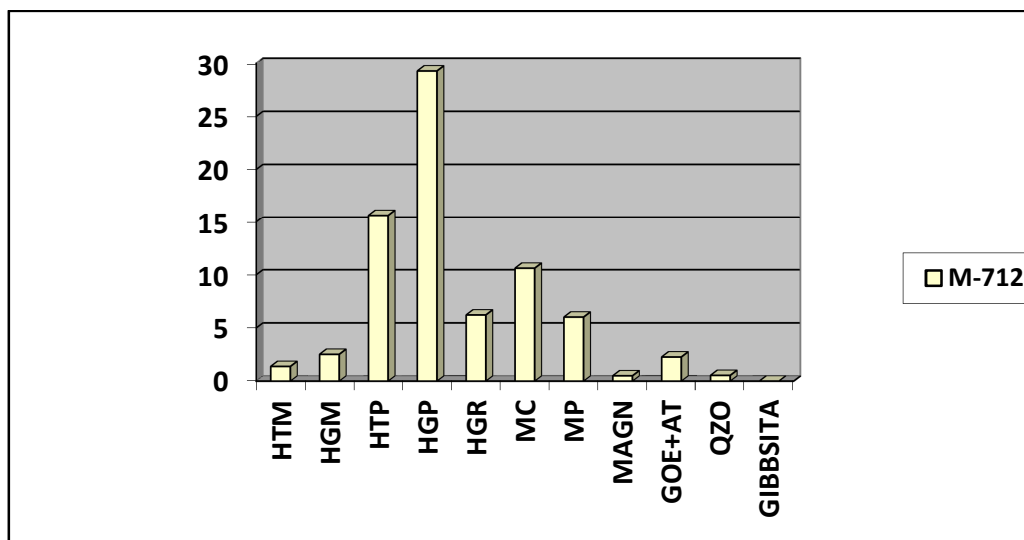


Figura 5.7 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-712.

5.1.2.8 Muestra M-743: la muestra M-743 esta constituida en su composición mineralógica por un mayor porcentaje de goetita y agregados 87,43%; de hematita policristalina 10,86%; el resto está constituido por martita, hematita monocristalina y hematita granular rugosa.(Figura 5.8).

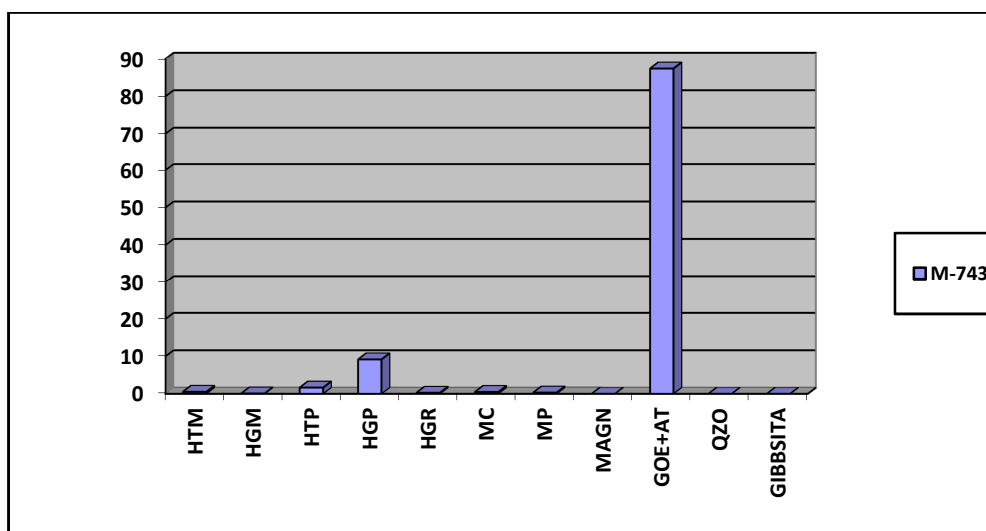


Figura 5.8 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-743.

5.1.2.9 Muestra M-750: la Muestra M- 750 está constituida en su composición mineralógica por un mayor porcentaje de goetita y agregados 76,61%; de hematita policristalina 13,58%; de hematita monocristalina 8,82%; lo demás está constituido de martita y cuarzo.(Figura 5.9).

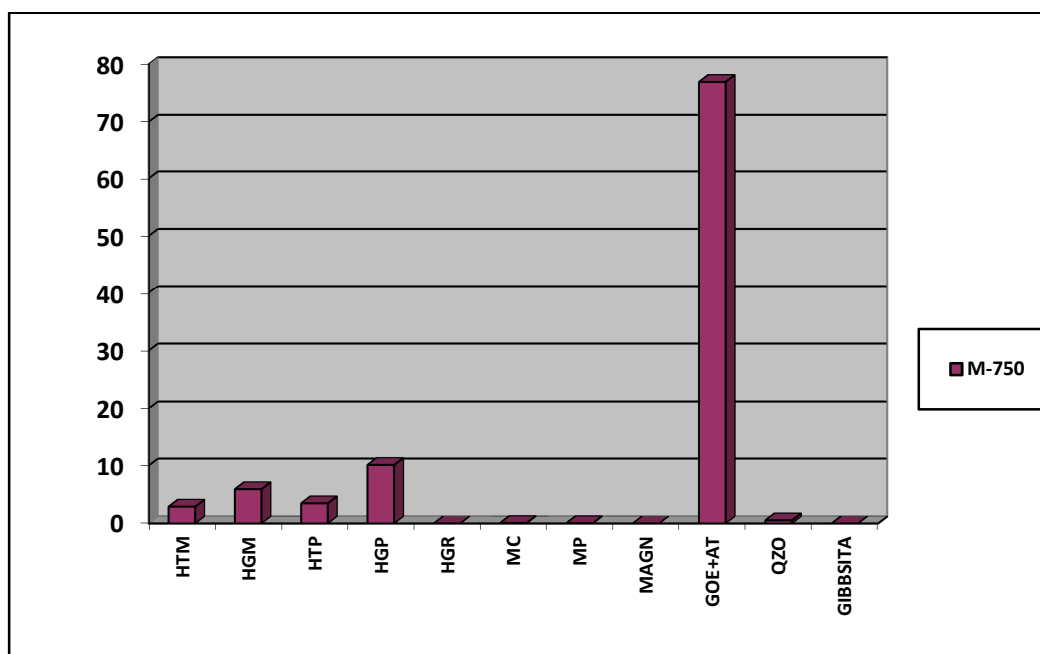


Figura 5.9 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-750.

5.1.2.10 Muestra M-753: la muestra M-753 está constituida en su composición mineralógica por un mayor porcentaje de goetita y agregados 59,45%; de hematita policristalina 31,86%; de hematita monocristalina 6,44%; lo demás está constituido de martita, hematita granular rugosa y cuarzo.(Figura 5.10).

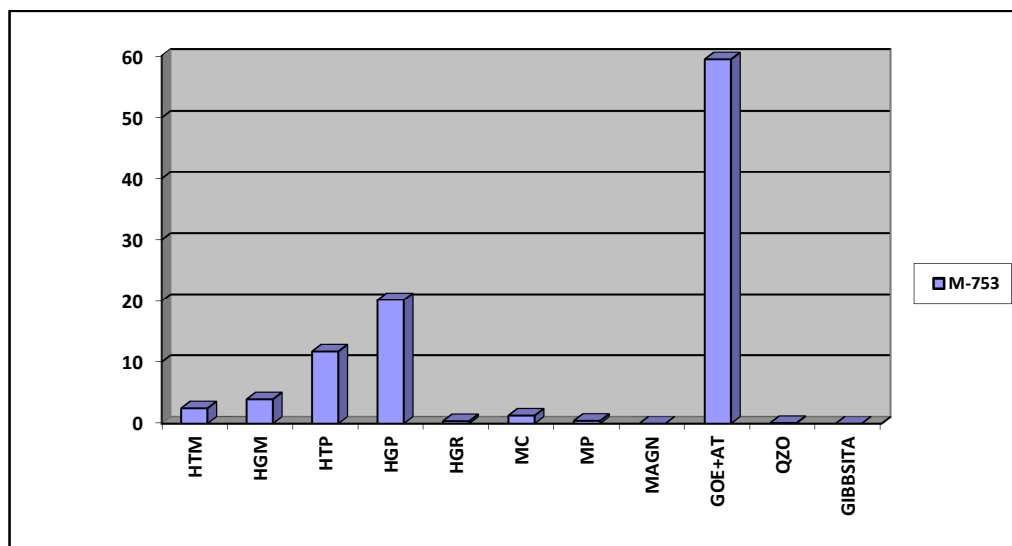


Figura 5.10 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-753.

5.1.2.11 Muestra M-756: la muestra M-756 está constituida en su composición mineralógica por un mayor porcentaje de goetita y agregados 57,36%; de hematita policristalina 32,58%; de martita 5,15%; de hematita monocristalina 4,09%; lo demás está constituido de hematita granular rugosa, cuarzo y magnetita.(Figura 5.11).

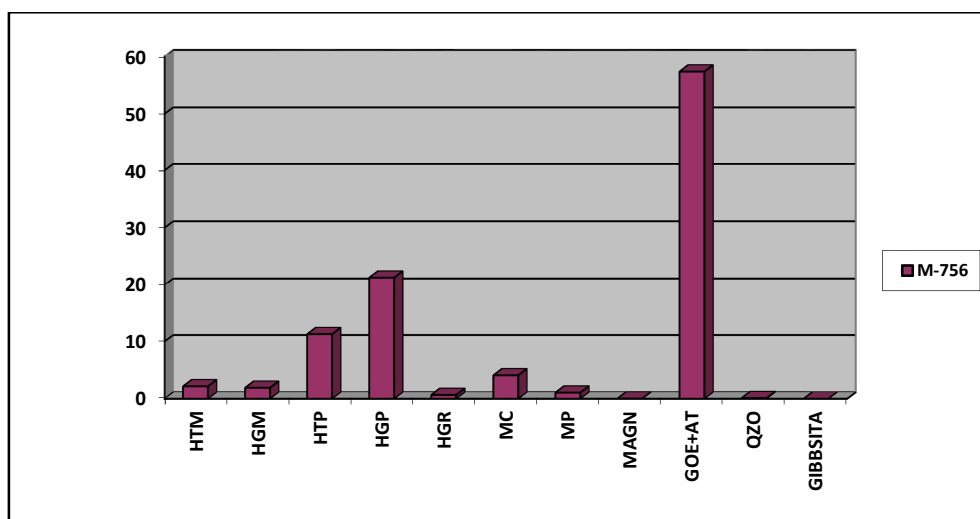


Figura 5.11 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-756.

5.1.2.12 Muestra M-758: la muestra M-758 está constituida en su composición mineralógica por un mayor porcentaje de goetita y agregados 77,53%; de hematita policristalina 16,66%; de hematita monocristalina 3,64%; lo demás está constituido de cuarzo, martita y magnetita. (Figura 5.12).

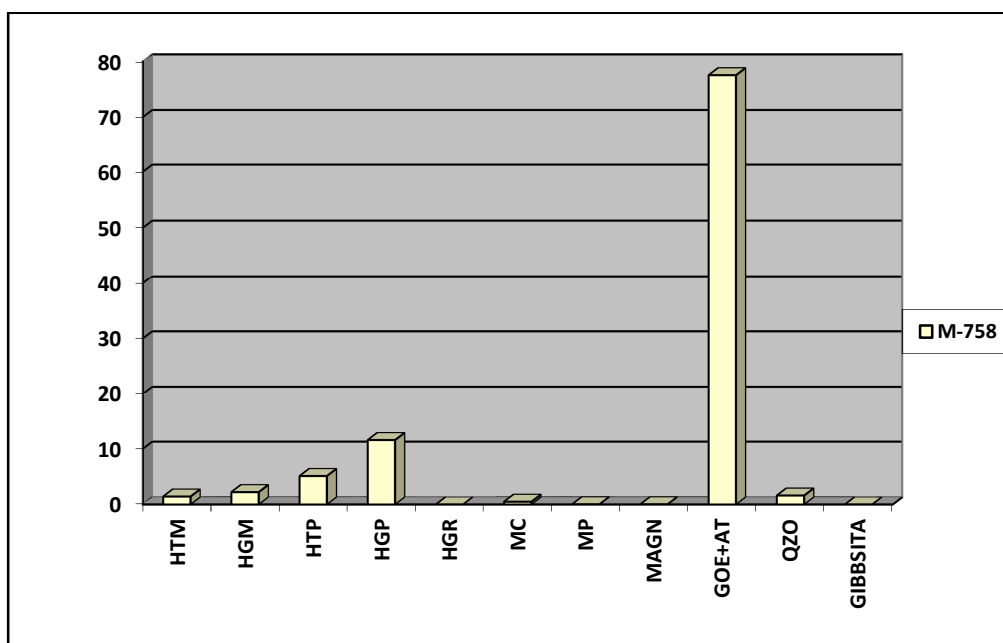


Figura 5.12 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-758.

5.1.2.13 Muestra M-761: la muestra M-761 está constituida en su composición mineralógica por un mayor porcentaje de goetita y agregados 86,83%; de hematita policristalina 10,14%; de hematita monocristalina 2,79%; lo demás está constituido de martita y cuarzo. (Figura 5.13).

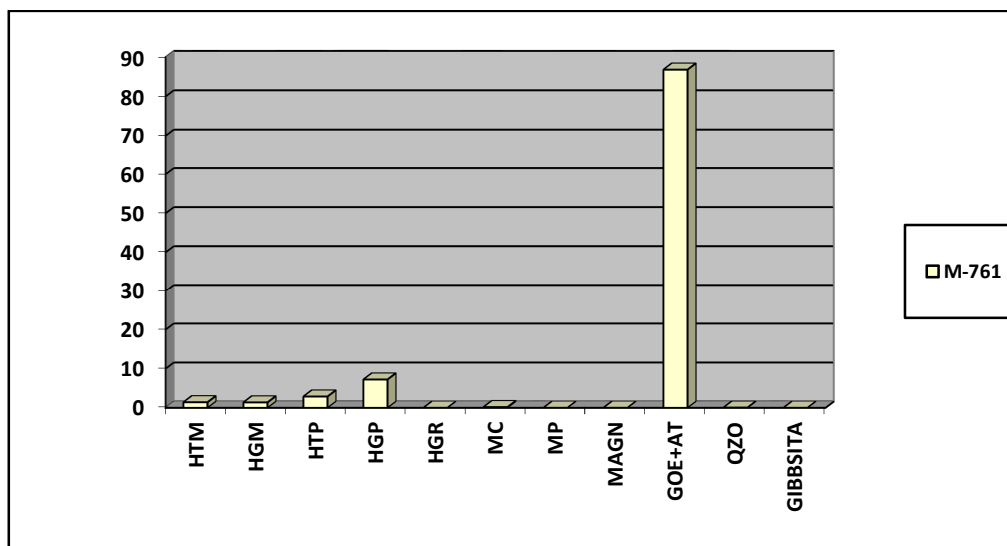


Figura 5.13 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-761.

5.1.2.14 Muestra M-763: la muestra M-763 está constituida en su composición mineralógica por un mayor porcentaje de goetita y agregados 84,19%; de hematita policristalina 10,18%; de hematita granular rugosa 7,99%; de hematita monocristalina 5,40%; lo demás está constituido de martita y cuarzo. (Figura 5.14).

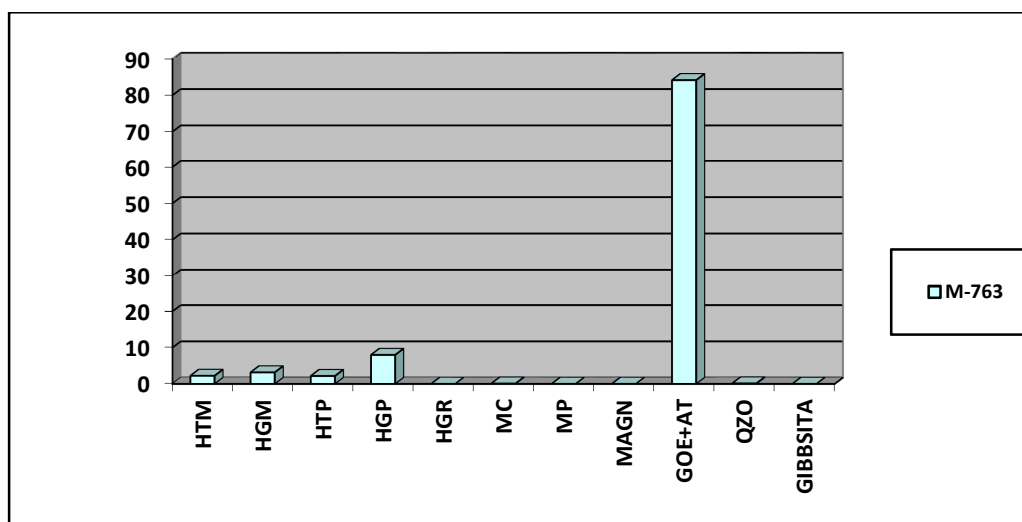


Figura 5.14 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-763.

5.1.2.15 Muestra M-765: la muestra M-765 está constituida en su composición mineralógica por un mayor porcentaje de goetita y agregados 53,50%; hematita policristalina 36,93%; de hematita monocristalina 4,93%; lo demás está constituido de cuarzo, martita, magnetita y hematita granular rugosa.(Figura 5.15).

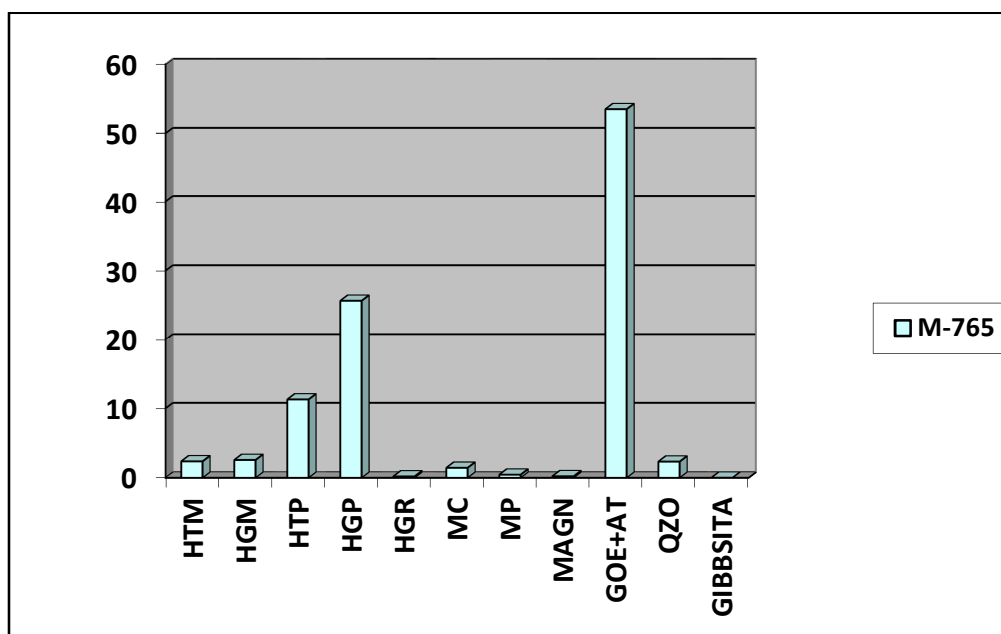


Figura 5.15 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-765.

5.1.2.16 Muestra M-766: la muestra M-766 contiene en su composición mineralógica un mayor porcentaje de hematita policristalina 52,90%; de goetita y agregados 35,58%; de hematita monocristalina 6,20%; de martita 3,46%; y el resto está constituido por cuarzo, magnetita y gibbsita. (Figura 5.16).

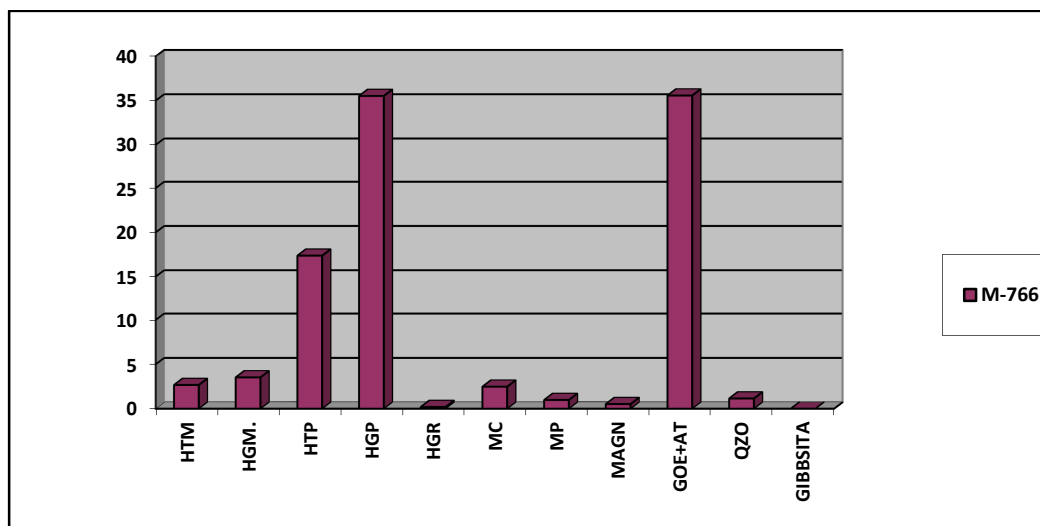


Figura 5.16 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-766.

5.1.2.17 Muestra M-769: la muestra M-769 contiene en su composición mineralógica un mayor porcentaje de hematita policristalina 61,81%; de goetita y agregados 34,17%; de hematita monocristalina 3,11%; el resto está constituido por martita, hematita granular rugosa, magnetita y cuarzo. (Figura 5.17).

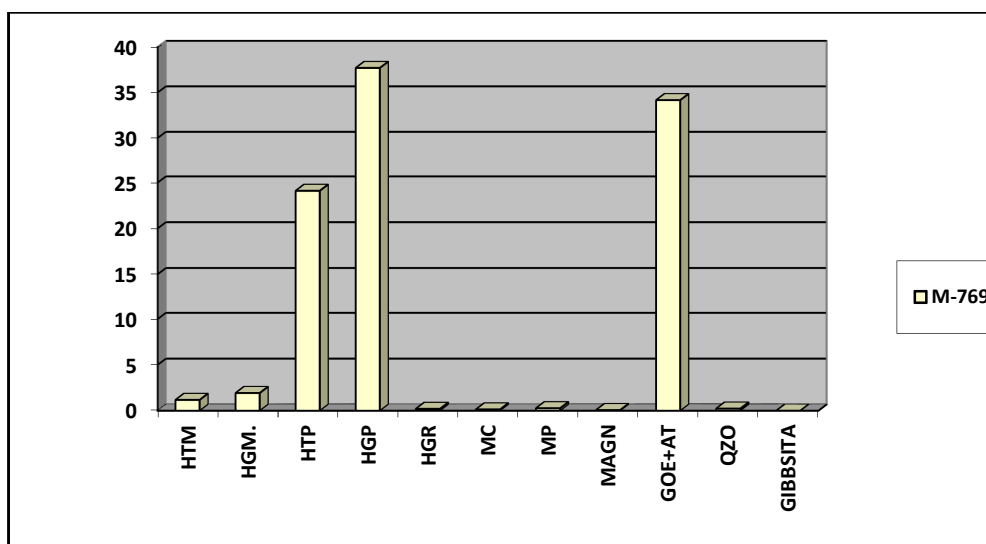


Figura 5.17 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-769.

5.1.2.18 Muestra M-772: la muestra M-772 está constituida en su composición mineralógica por un mayor porcentaje de goetita y agregados 50,15%; de hematita policristalina 38,34%; de hematita monocristalina 8,33%; lo demás está constituido de martita, magnetita y hematita granular rugosa.(Figura 5.18).

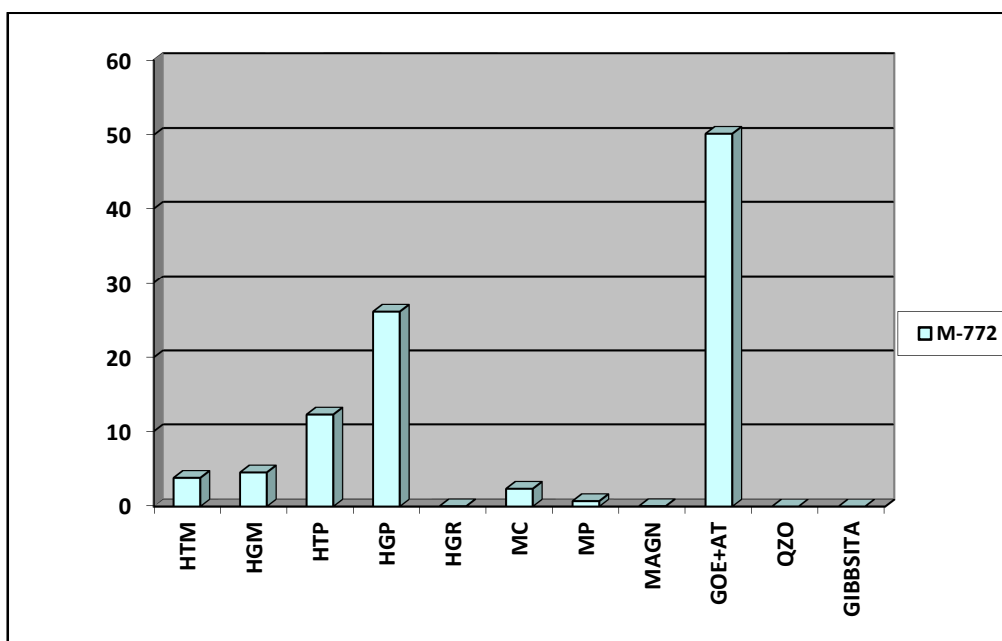


Figura 5.18 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-772.

5.1.2.19 Muestra M-777: la muestra M-777 contienen en su composición mineralógica un mayor porcentaje de hematita policristalina 57,14%; hematita monocristalina 23,37%; de martita (compacta y porosa) 4,14%; de magnetita 3,33% el resto está constituido por goetita, agregados y cuarzo. (Figura 5.19).

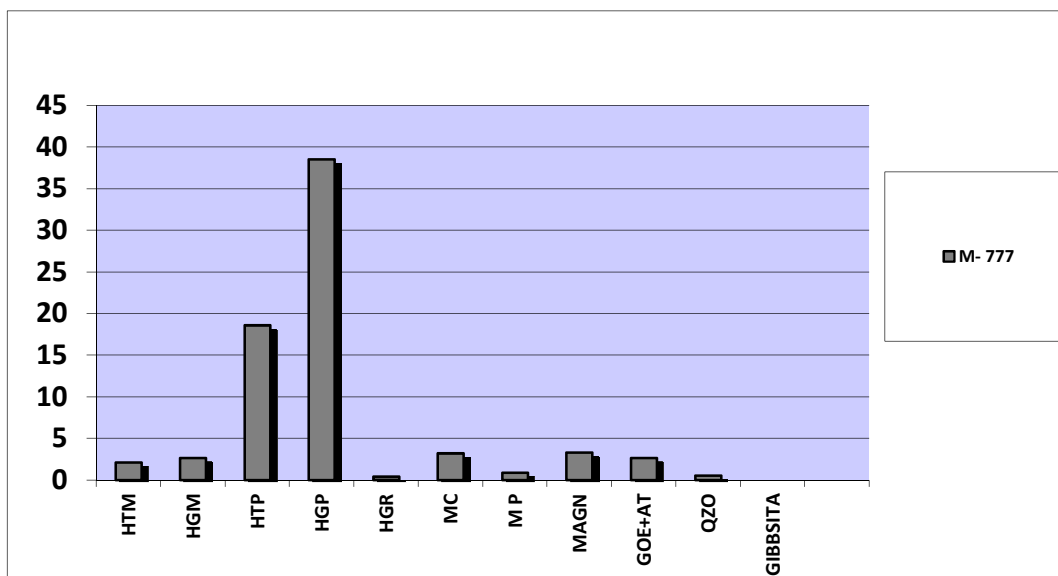


Figura 5.19 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-777.

5.1.2.20 Muestra M-780: la muestra M-780 está constituida en su composición mineralógica por un mayor porcentaje de hematita policristalina 66,27%; de goetita y agregados 24,64%; lo demás esta constituido de martita, magnetita, hematita monocristalina y cuarzo. (Figura 5.20).

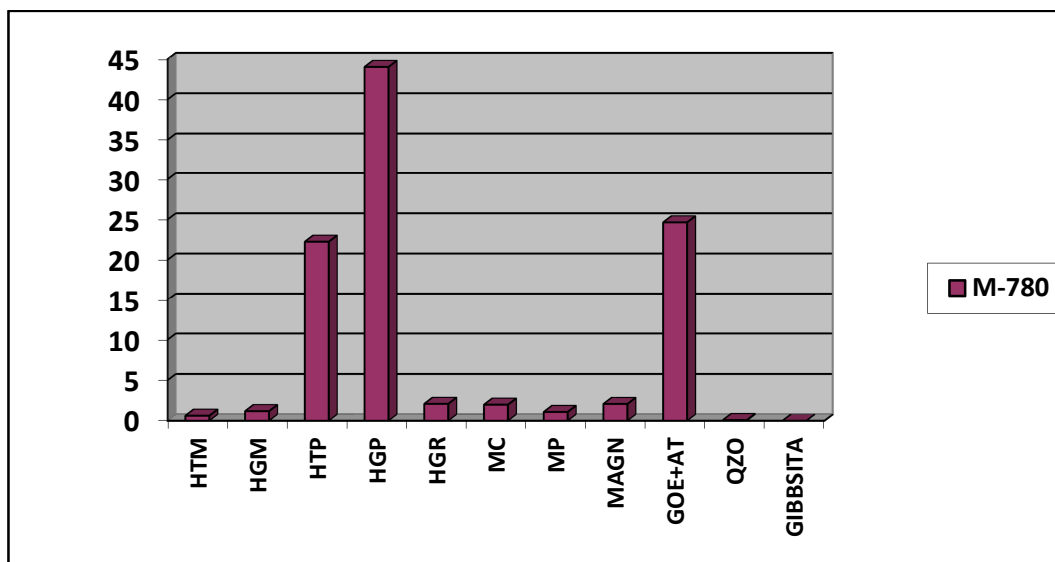


Figura 5.20 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-780.

5.1.2.21 Muestra M-782: la muestra M-782 está constituida en su composición mineralógica por un mayor porcentaje de hematita policristalina 74,88%; de goetita y agregados 16,13%; lo demás está constituido de, magnetita, hematita granular rugosa, martita, hematita monocristalina y cuarzo. (Figura 5.21).

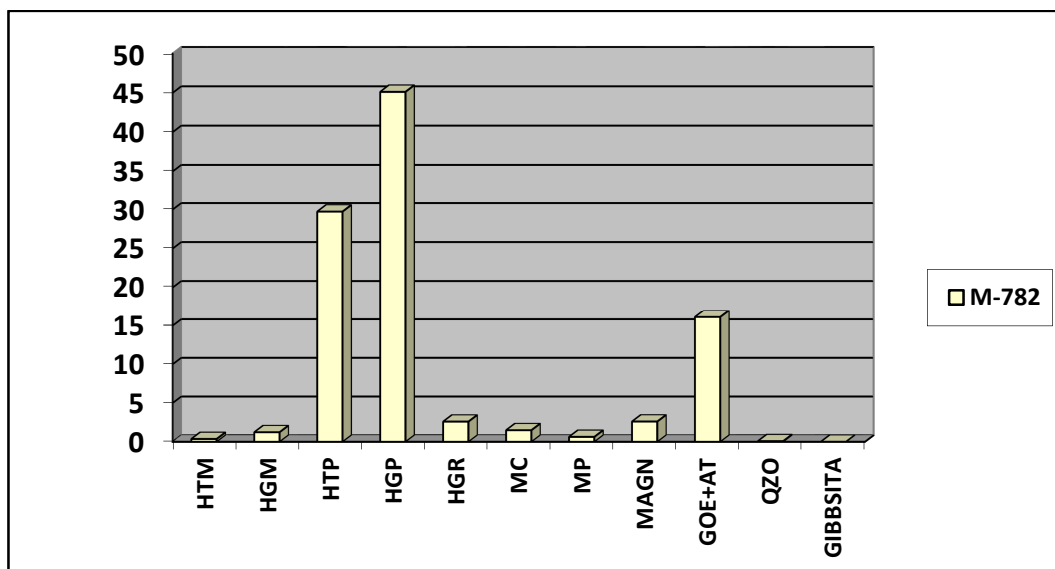


Figura 5.21 Gráfico de la composición mineralógica de la muestra M-782.

5.2 Validar la mineralogía predominante entre las muestras de la base de datos de CVG Ferrominera Orinoco y las muestras utilizadas para este trabajo

5.2.2 Análisis mineralógico de las muestras analizadas

En las muestras analizadas se observa que la hematita policristalina se encuentra en mayor cantidad con respecto a la hematita monocristalina y la hematita granular rugosa, ésta fluctúa entre un 20% y 60 %; la hematita monocristalina fluctúa entre un 2% y un 9%; mientras que la hematita granular rugosa fluctúa entre un 0% y un 3%. (Figura 5.22).

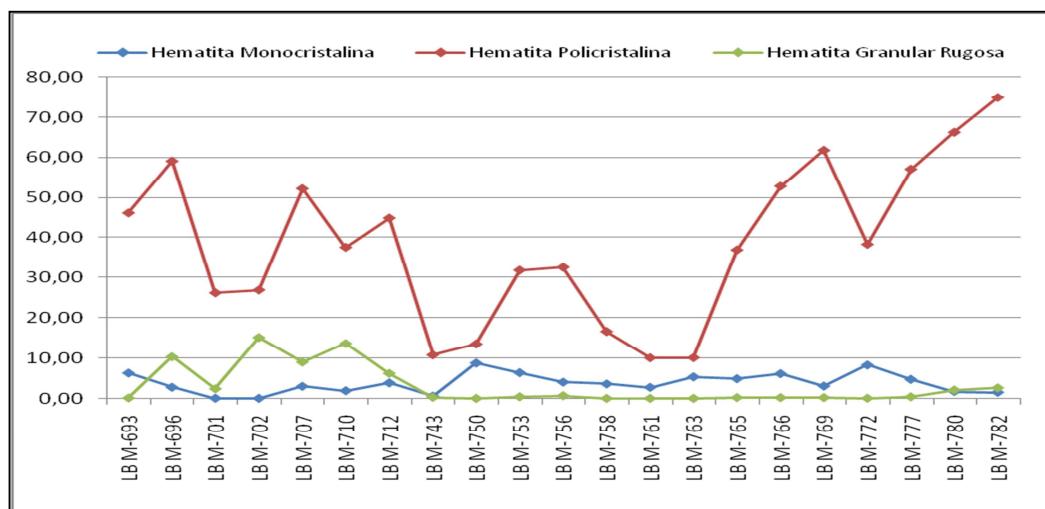


Figura 5.22 Hematita monocristalina, policristalina y granular rugosa.

En la gráfica se observa que la Martita compacta se encuentra en mayor proporción fluctuando entre 2% a 10%; mientras que la Martita porosa se encuentra en menor proporción fluctuando entre 0% y un 6%.(Figura 5.23).

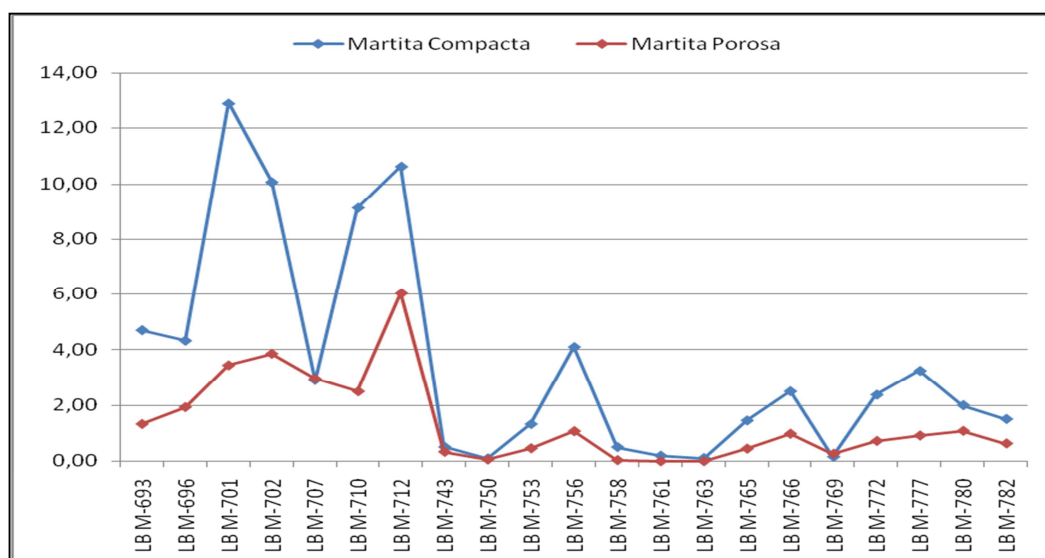


Figura 5.23 Martita compacta y porosa.

La Hematita granular se encuentra en mayor proporción y fluctúa entre un 15% y 40% siendo sus picos más altos representados por las muestras de costras M-782 y M-780 y sus picos más bajos están representados por las muestras de costras M-743 y M-761; la Hematita tabular se encuentra en menor proporción fluctuando entre 5% y 20%, siendo sus picos más altos representados por las muestras M-769 correspondiente a un fino y M-782 correspondiente a una costra y sus picos más bajos están representados por las muestras de costras M-743 y M-763. (Figura 5.24).

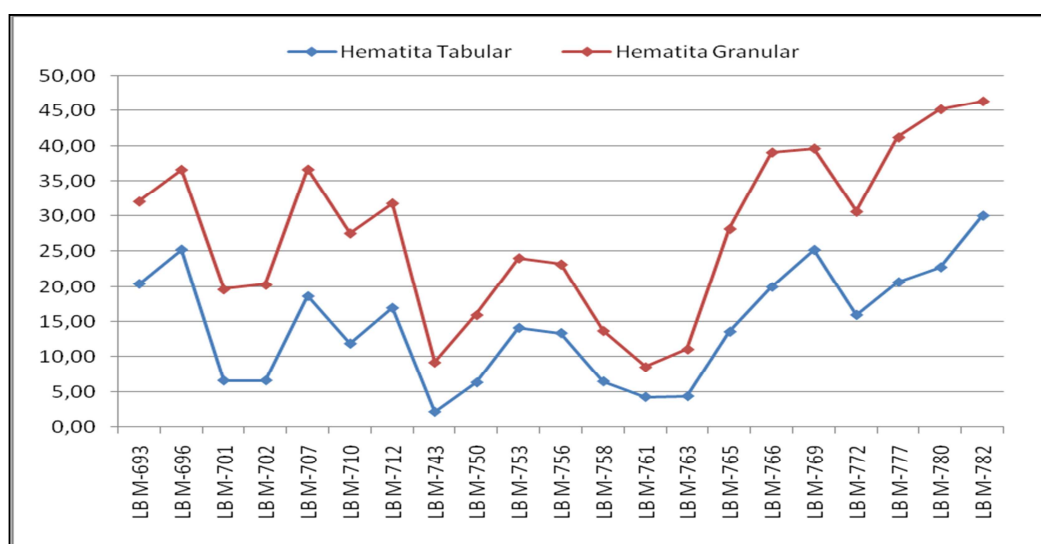


Figura 5.24 Hematita tabular y granular.

La Goetita se encuentra fluctuando entre un 2% y un 8% siendo sus picos más altos representados por las muestras de costras M-743 y M-761 y sus picos más bajos están representados por las muestras M-696 correspondiente a un fino y M-782 correspondiente a una costra. (Figura 5.25).

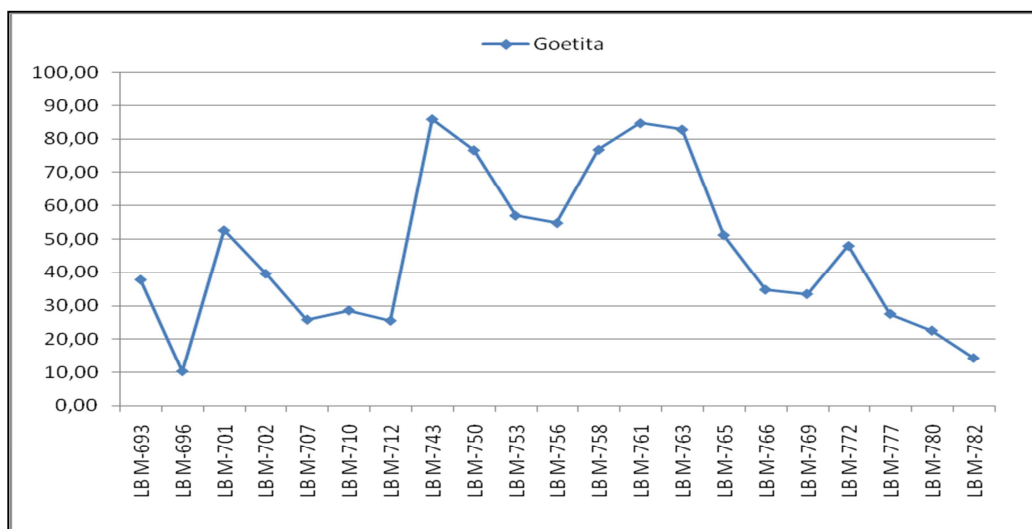


Figura 5.25 Goetita.

5.2.2 Análisis mineralógico de 50 muestras de la base de datos de CVG Ferrominera Orinoco

La hematita policristalina se encuentra en mayor proporción y fluctúa entre un 20% y 60% siendo sus picos más altos representados por las muestras LB M-461 y LB M-446 y sus picos más bajos están representados por las muestras de costras LB M-416 y LB M-422; la hematita monocristalina se encuentra en menor proporción fluctuando entre 5% y 30%, siendo sus picos más altos representados por las muestras LB M-424 y LB M-430 y sus picos más bajos están representados por las muestras LB M-7416 y LB M-422. (Figura 5.26).

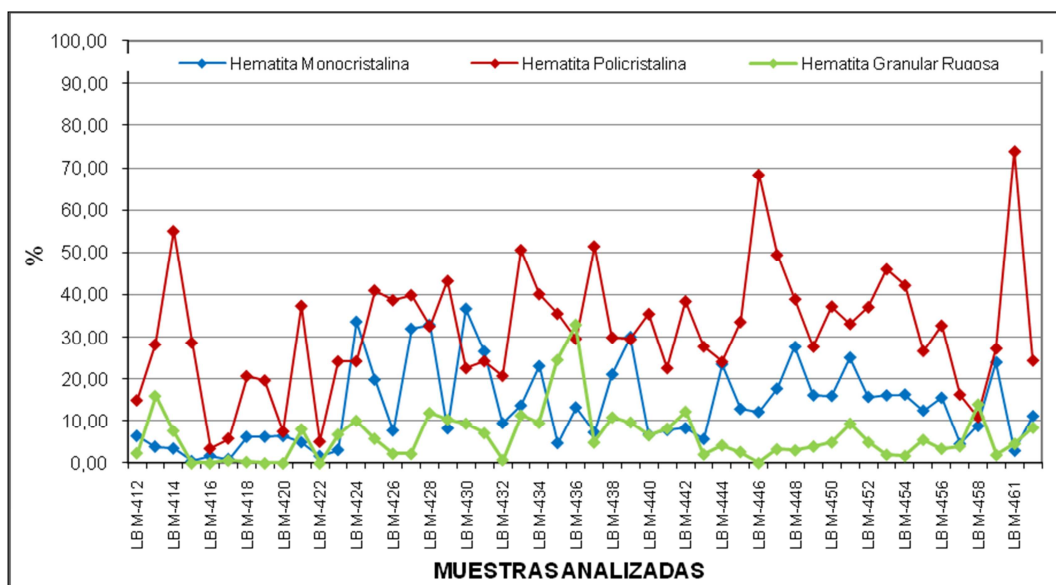


Figura 5.26 Hematita monocristalina, policristalina y granular rugosa.

La Martita compacta se encuentra en mayor proporción fluctuando entre 0% a 7%; mientras que la Martita porosa se encuentra en menor proporción fluctuando entre 0% y un 25%.(Apéndice A.1).

La hematita granular se encuentra en mayor proporción y fluctúa entre un 5% y 50% siendo sus picos más altos representados por las muestras LB M-427 y M-446 y sus picos más bajos están representados por las muestras LB M-422 y M-416; la hematita tabular se encuentra en menor proporción fluctuando entre 0% y 35%, siendo sus picos más altos representados por las muestras LB M-428 correspondiente a un fino y LBM-461 y sus picos más bajos están representados por las muestras LB M-422 y LB M-416. (Apéndice A.2).

La goetita se encuentra fluctuando entre un 2% y un 90% siendo sus picos más altos representados por las muestras de costras LB M-416 y LB M-422 y sus picos más bajos están representados por las muestras LB M-431 correspondiente a un fino y LB M-461 correspondiente a una costra. (Apéndice A.3).

5.3 Caracterización tecnológica de las muestras estudiadas

5.3.1 Muestra M-693

La muestra M-693 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como HP–GOE, grupo tecnológico N° 3. (Apéndice C.1).

5.3.2 Muestra M-696

La muestra M-696 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como HP-QZO, grupo tecnológico N° 11. (Apéndice C.1).

5.3.3 Muestra M-701

La muestra M-701 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como GOE/HP-MART, grupo tecnológico N° 5. (Apéndice C.1).

5.3.4 Muestra M-702

La muestra M-702 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como GOE/HP-HGR, grupo tecnológico N° 16. (Apéndice C.1).

5.3.5 Muestra M-707

La muestra M-707 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como HP/GOE, grupo tecnológico N° 8. (Apéndice C.1).

5.3.6 Muestra M-710

La muestra M-710 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como HP-GOE, grupo tecnológico N° 3. (Apéndice C.1).

5.3.7 Muestra M-712

La muestra M-712 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como HP/MART, grupo tecnológico N° 10. (Apéndice C.1).

5.3.8 Muestra M-743

La muestra M-743 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como GOE, grupo tecnológico N° 2. (Apéndice C.1).

5.3.9 Muestra M-750

La Muestra M- 750 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como GOE, grupo tecnológico N° 2. (Apéndice C.1).

5.3.10 Muestra M-753

La muestra M-753 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como GOE-HP, grupo tecnológico N° 3. (Apéndice C.1).

5.3.11 Muestra M-756

La muestra M-756 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como GOE-HP, grupo tecnológico N° 3. (Apéndice C.1).

5.3.12 Muestra M-758

La muestra M-758 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como GOE/HP, grupo tecnológico N° 7. (Apéndice C.1).

5.3.13 Muestra M-761

La muestra M-761 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como GOE, grupo tecnológico N° 2. (Apéndice C.1).

5.3.14 Muestra M-763

La muestra M-763 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como GOE, grupo tecnológico N° 2. (Apéndice C.1).

5.3.15 Muestra M-765

La muestra M-765 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como GOE-HP/QZO, grupo tecnológico N° 12. (Apéndice C.1).

5.3.16 Muestra M-766

La muestra M-766 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como HP–GOE, grupo tecnológico N° 3. (Apéndice C.1).

5.3.17 Muestra M-769

La muestra M-769 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como HP–GOE, grupo tecnológico N° 3. (Apéndice C.1).

5.3.18 Muestra M-772

La muestra M-772 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como GOE-HP, grupo tecnológico N° 3. (Apéndice C.1).

5.3.19 Muestra M-777

La muestra M-777 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como HP-HM, grupo tecnológico N° 6. (Apéndice C.1).

5.3.20 Muestra M-780

La muestra M-780 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como HP/GOE, grupo tecnológico N° 8. (Apéndice C.1).

5.3.21 Muestra M-782

La muestra M-782 según su contenido mineralógico puede ser clasificada tecnológicamente como HP/GOE, grupo tecnológico N° 8. (Apéndice C.1).

5.4 Comparando química, litología y mineralogía

En las muestras M-772 y M-766 se observa una misma litología representada por muestras de costra laminada; una química parecida con variación en el contenido de FE, AL_2O_3 y PPC; y diferente mineralogía con variaciones en el contenido de HP y GOE principalmente. (Figura 5.27 y tabla 5.1).

En las muestras M-777 y M-782 se observan los resultados químicos diferentes para ambas muestras; una misma litología representada por Costras; y una

mineralogía diferente con variaciones significativas en el contenido de HM, HP y GOE. (Figura 5.28 y tabla 5.2).

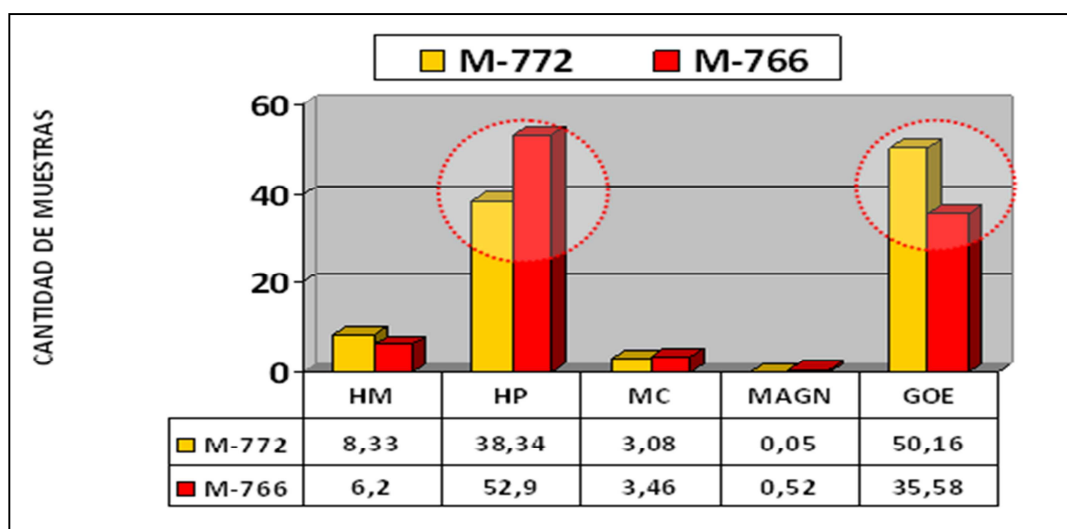


Figura 5.27 Química Vs litología Vs mineralogía de las muestras M-766 y M-772.

Tabla 5.1 Química Vs litología de las muestras M-766 y M-772.

MUESTRA	FE	SIO2	AL2O3	PPC	P	MN	LITOLOGÍA	GRUPO TECNOLÒGICO
M-766	66,65	0,88	0,39	3,40	0,099	0,010	Costra Laminada	GOE-HP
M-772	65,73	0,36	0,68	4,95	0,096	0,010	Costra Laminada	HP-GOE

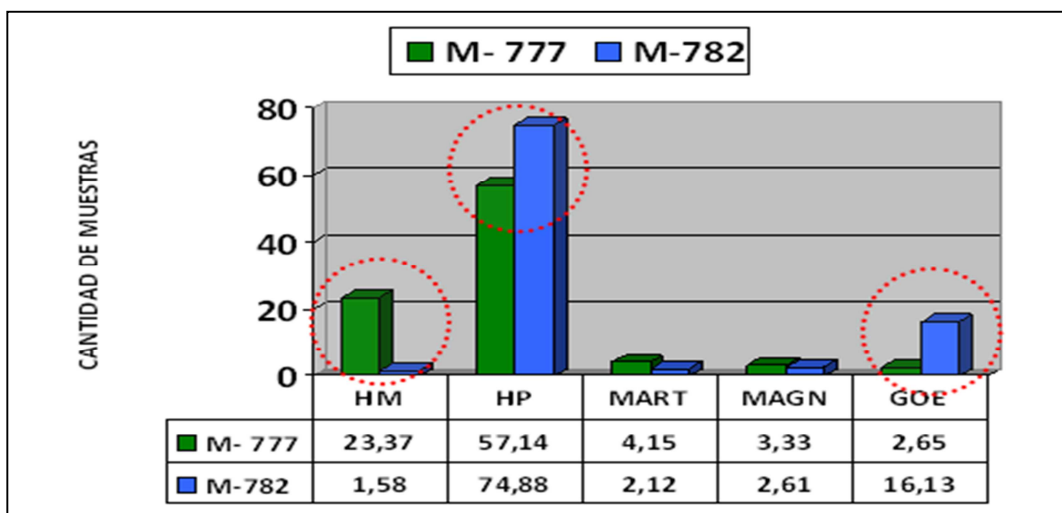


Figura 5.28 Química Vs litología Vs mineralogía de las muestras M-777 y M-782.

Tabla 5.2 Química Vs litología de las muestras M-777 y M-782.

MUESTRA	FE	SIO2	AL2O3	PPC	P	MN	LITOLOGÍA	GRUPO TECNOLÒGICO
M-777	65.78	0.72	0.65	4.56	0.085	0,010	Costra	HP/HM
M-782	67.56	0,18	0.30	2.92	0,059	0,020	Costra	HP/GOE

En las muestras M-769 y M-780 se observa una química similar; una litología diferente representada por un fino negro laminado para la muestra M-769 y por una costra laminada para la muestra M-780; y una mineralogía diferente con variaciones en el contenido de HP y GOE principalmente. (Figura 5.29 y tabla 5.3).

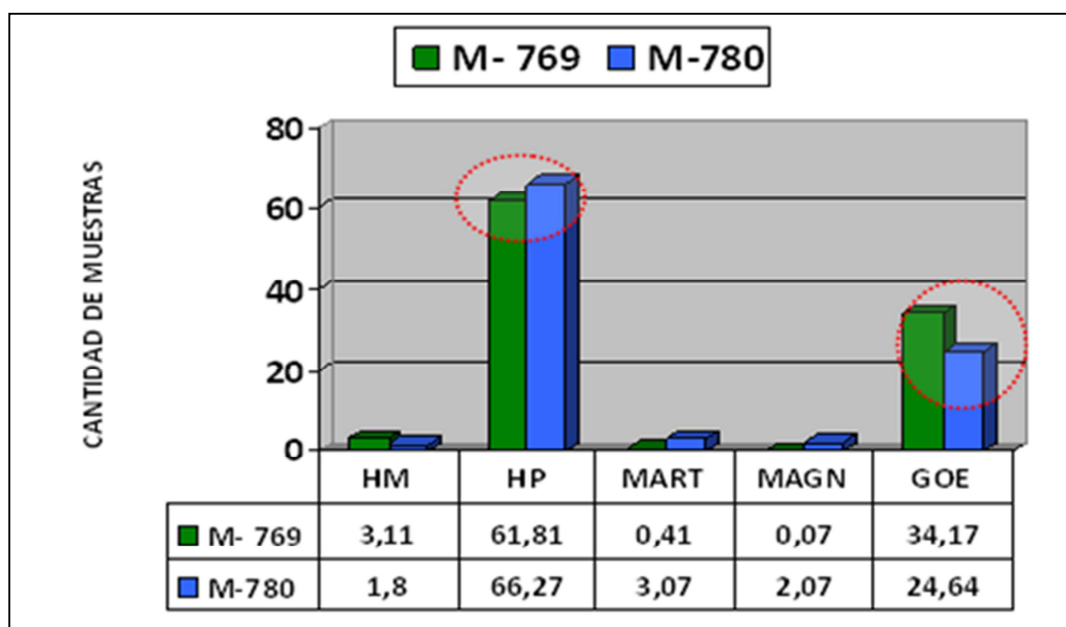


Figura 5.29 Química Vs litología Vs mineralogía de las muestras M-769 y M-780.

Tabla 5.3 Química Vs litología de las muestras M-769 y M-780.

MUESTRA	FE	SIO2	AL2O3	PPC	P	MN	LITOLOGÍA	GRUPO TECNOLÒGICO
M-769	67.18	0.22	0.46	3.27	0.073	0,010	Finos N. Laminados	GOE-HP
M-780	66.98	0.30	0.50	3.43	0,072	0,010	Costra Laminada	HP/GOE

Las muestras M-702 y M-780 presentan una misma litología; una química muy parecida; y una mineralogía diferente con diferencias importantes en el contenido de HP, GOE y MART. (Figura 5.30 y tabla 5.4).

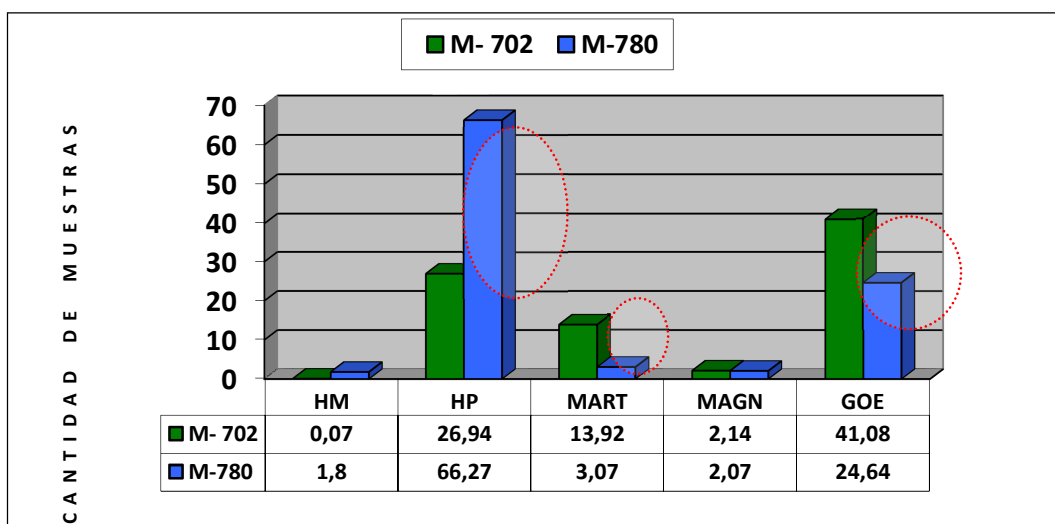


Figura 5.30 Química Vs litología Vs mineralogía de las muestras M-702 y M-780.

Tabla 5.4 Química Vs litología de las muestras M-702 y M-780.

MUESTRA	FE	SIO2	AL2O3	PPC	P	MN	LITOLOGÍA	GRUPO TECNOLÒGICO
M-702	67,21	0,30	0,40	3,20	0,061	0,030	Costra deleznable	GOE/HP-HGR
M-780	66.98	0.30	0.50	3.43	0,072	0,010	Costra laminada	HP/GOE

5.5 Rangos mineralógicos por grupos tecnológicos

De acuerdo a los resultados de la caracterización mineralógica y tecnológica no fue necesario agrupar, agregar o eliminar algún grupo tecnológico ya que cada una de las 21 muestras estudiadas correspondía a las especificaciones de cada grupo.

En cuanto a los rangos mineralógicos correspondientes a cada uno de los 17 grupos tecnológicos existentes, se hicieron las modificaciones en los siguientes grupos tecnológicos con respecto a los rangos mineralógicos establecidos:

Para el grupo tecnológico número 3 HP-GOE, se modificaron los siguientes rangos mineralógicos, el rango mineralógico de la HP quedando establecido entre de 32-62; la HGR quedando en un rango establecido de 0-14; la MAGN quedando en un rango de 0-4; la GOE quedando en un rango establecido entre 31-60.

Para el grupo tecnológico número 5 HP-GOE/MART, se modifico el rango mineralógico de la HM quedando establecida entre 0-11.

Para el grupo tecnológico número 6 HP-HM, se modifico el rango mineralógico de la GOE quedando establecido entre 2-14.

Para el grupo tecnológico número 7 GOE/HP, se modifico el rango mineralógico de la GOE quedando establecido entre 43-78.

Para el grupo tecnológico número 8 HP/GOE, se modificaron los rangos mineralógicos de la HM quedando establecido entre 1-14; de la HP quedando establecido entre 39-75 y el rango de la MAGN quedando establecido en 0-2.

Para el grupo tecnológico número 10 HP/MART, se modifico el rango mineralógico correspondiente a la GOE quedando establecido entre 2-13.

Para el grupo tecnológico número 12 HP/GOE-QZO, se modifico el rango mineralógico correspondiente al QZO quedando establecido en 2-19.

Para el grupo tecnológico número 16 GOE-HP/HGR, se modifico el rango mineralógico correspondiente a la HM quedando establecido en 0-11. (Tabla 5.5).

GRUPO TECNOL.	NOMBRE TECNOLÓGICO	HM	HP	HGR	MART	MAGN	GOETITA	QZO	OTROS
1	HP/GOE-HGR	2 - 13	23 - 47	16 - 39	2 - 14	0 - 6	16 - 33	0 - 1	0 - 1
2	GOE	0 - 15	3 - 14	0 - 12	0 - 1	0 - 1	62 - 93	0 - 1	0 - 3
3	HP-GOE	2 - 13	32 - 56	0 - 10	0 - 12	0 - 2	31 - 510	0 - 1	0 - 1
4	HP/HGR-MART	3 - 10	32 - 55	16 - 34	8 - 27	0 - 7	5 - 14	0 - 1	0 - 1
5	HP-GOE/MART	2 - 11	20 - 47	2 - 12	16 - 35	0 - 12	16 - 45	0 - 1	0 - 1
6	HP-HM	17 - 33	24 - 63	1 - 16	3 - 26	0 - 8	3 - 14	0 - 2	0 - 1
7	GOE/HP	1 - 13	16 - 29	0 - 13	0 - 11	0 - 1	43 - 74	0 - 1	0 - 1
8	HP/GOE	3 - 14	39 - 67	0 - 13	0 - 14	0 - 1	16 - 28	0 - 1	0 - 3
9	HP	3 - 15	49 - 79	0 - 11	3 - 14	0 - 12	5 - 13	0 - 1	0 - 1
10	HP/MART	3 - 13	32 - 64	0 - 12	16 - 32	0 - 9	3 - 13	0 - 1	0 - 1
11	QZO-HP/MART	3 - 14	25 - 65	0 - 15	3 - 24	0 - 5	2 - 13	5 - 33	0 - 1
12	HP/GOE-QZO	1 - 14	14 - 42	0 - 20	2 - 24	0 - 11	16 - 59	2 - 19	0 - 2
13	QZO-HGR/HP (MAGN)	0 - 4	7 - 33	21 - 47	5 - 35	2 - 8	9 - 16	5 - 40	0 - 1
14	HP-GOE/HM	16 - 30	24 - 52	0 - 9	2 - 17	0 - 1	16 - 38	0 - 1	0 - 1
15	GOE/MART (OTRO)	0 - 9	7 - 13	2 - 24	15 - 39	0 - 9	23 - 66	0 - 1	0 - 9
16	GOE-HP/HGR (MART)	0 - 11	17 - 34	16 - 30	2 - 38	0 - 9	18 - 46	0 - 1	0 - 1
17	HGR/MART-GOE-MAGN	0 - 6	4 - 14	18 - 45	17 - 52	3 - 9	17 - 27	0 - 1	0 - 1

Figura 5.5 Rango mineralógico por tipo tecnológico actualizado (2010). CVG FMO Lautner Gyongyi, 2005).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. En el análisis de las 21 muestras estudiadas se encontró que los minerales observados se encuentran en cantidades variables de la siguiente manera:

La hematita policristalina se presenta en mayor cantidad que la hematita monocristalina, y ésta se encuentra en mayor cantidad que la hematita granular rugosa.

La martita compacta se presenta en mayor cantidad que la martita porosa.

La hematita granular se presenta en mayor cantidad que la martita tabular.

La goetita se encuentra en cantidades variables según sea el tipo de muestra.

2. Comparando los análisis mineralógicos de las muestras estudiadas con las muestras seleccionadas de la base de datos de CVG Ferrominera Orinoco se puede decir que sigue una misma tendencia de acuerdo a lo siguiente:

La cantidad de hematita policristalina se encuentra en mayor proporción que la cantidad de hematita monocristalina y esta se encuentra en mayor proporción que la hematita granular rugosa.

Para el caso de la martita se presenta en mayor cantidad la martita compacta que la martita porosa

En cuanto a la cantidad de hematita granular esta se encuentra generalmente en mayor proporción que la hematita tabular.

En cuanto a la goetita esta varía según sea el tipo de muestra.

3. De las 21 muestras descritas de la mina Los Barrancos cada una de éstas se encuentra dentro de las especificaciones de los 17 diferentes tipos tecnológicos existentes.

4. de acuerdo a los análisis de la composición química, litológica y mineralógica de las muestras, se observó que aun cuando cada uno de los aspectos por separado es importante se obtiene un resultado completo y preciso cuando se analizan los tres aspectos en conjunto.

5. Cada grupo litológico está caracterizado por un amplio rango de minerales el cual fue actualizado y modificado, por lo cual es difícil estimar el comportamiento del material, según su litología, en los diferentes procesos.

Recomendaciones

1. Continuar con los análisis mineralógicos para toda la mina Los Barrancos a fin de obtener una mayor cantidad de muestras analizadas por cada tipo tecnológico y así poder establecer los rangos mineralógicos definitivos de los mismos.

2. Continuar los estudios de caracterización tecnológica a las diferentes pilas de mineral, para establecer una clasificación tecnológica definitiva en base a la composición mineralógica.

3. Realizar un estudio de la influencia de la hematita granular y tabular en los procesos siderúrgicos a fin de adecuar la clasificación tecnológica existente.

REFERENCIAS

Andreina Henríquez; Ana Cachutt, (2004). **CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE MINERALES DE HIERRO**. Informe interno, Jefatura de Área Geología, Cd. Piar, Edo. Bolívar.

Araujo César, Alvarez C, Prudhomme G, Salaverría P, Jiménez L, Manosalva D, Tovar O., (1989). **MINERAL DE HIERRO DE VENEZUELA**. Revista “El Minero”, pp 21, 22, 30.

Ascanio, Gustavo, (1976). **EL MINERAL DE HIERRO EN VENEZUELA**. Ministerio de Energía y Minas. Caracas, Venezuela. pp 1-6.

Canet C., Camprubi A., (2003). **MINERALOGÍA DE MENAS METÁLICAS**. 28 de mayo 2007.
http://tonatiuh.igeofcu.unam.mx/~ccanet/Curso_menas_1.pdf.

Cruz V., Luis, (2000). **CARACTERIZACIÓN QUÍMICA, LITOLÓGICA Y MINERALÓGICA DE LOS YACIMIENTOS ALTAMIRA, LOS BARRANCOS Y LAS PAILAS EN EL PROCESO DE TRITURACIÓN**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra. Ciudad Bolívar, Venezuela. pp 34-37.

C.V.G. Técnica Minera C.A, (1991). **INFORME DE AVANCE NC 20-14 Y NB 20-2**. Gerencia de proyectos especiales. pp 145-156.

Gerencia de Minería. Jefatura de Área Geología F.M.O C.A., (2005). **BASE DE DATOS DEL MINERAL DE HIERRO**. pp 65, 87, 99.

Gerencia de Minería. Jefatura de Área Geología F.M.O C.A., (1992). **PRESENTACIÓN TECNICA SOBRE LA MINERIA DEL HIERRO EN VENEZUELA**. Segunda edición, pp 9-13.

Gamarra R. Lumar, (2005). **CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE LAS MENAS DE HIERRO DE LA MINA LOS BARRANCOS DEL CUADRILÁTERO FERRÍFERO SAN ISIDRO, UBICADO EN EL MUNICIPIO AUTÓNOMO RAÚL LEONI, ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra. Ciudad Bolívar, Venezuela. pp 69-74.

Heinrich, E. WM., (1970). **IDENTIFICACIÓN MICROSCÓPICA DE LOS MINERALES**. URMO, S.A de Ediciones. Primera Edición. Bilbao. pp 33, 37, 55, 71.

Jefatura Área de Geología. Ferrominera Orinoco C.A., (2001). **INFORME CUADRILÁTERO FERRÍFERO SAN ISIDRO**. Ciudad Piar, Estado Bolívar. pp 13 34.

Jefatura de Área Geología. Ferrominera Orinoco C.A., (1991). **GEOLOGIA DE LOS YACIMIENTOS**. Cd. Piar, Edo. Bolívar, pp. 20-23.

Klockmann F., Randohr P., (1961). **TRATADO DE MINERALOGÍA**. Versión de Francisco Pardillo. Segunda Edición. Editorial Gustavo Pili, S.A. Barcelona. pp 150-152.

Lautner, Gyonyi (2005). **ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN MINERALOGICA DE LA MENA LOS BARRANCOS**. Informe interno, Jefatura de Área Geología, Cd. Piar, Edo. Bolívar. pp 5, 6, 8, 9, 15,16.

Klein, C., Hulburt C., (1998). **MANUAL DE MINERALOGÍA**. Versión J. Aguilar Peris. Editorial Reverté, S.A. Cuarta edición. España. Tomo I. pp 18, 276, 320-325 y Tomo II.

Mendoza Vicente, (2000) **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO**. Escuela de Ciencias de la tierra, pp 33-46.

Mendonca, C. y Batista, C., (2004). **CURSO DE CARACTERIZACION MINERALOGICA TECNOLOGICA DEL MINERAL DE HIERRO**. pp 5,6,7.

Mora Edgar, (2006). **CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE LAS MENAS DE HIERRO DE ALTO Y BAJO TENOR DEL YACIMIENTO LOS BARRANCOS DEL CUADRILÁTERO FERRÍFERO SAN ISIDRO, UBICADO EN EL MUNICIPIO AUTÓNOMO RAÚL LEONI**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra. Ciudad Bolívar, Venezuela. pp 35-36.

Ratti, Zenhaida, (2001). **CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA DE LAS CUARCITAS FERRUGINOSAS DE LOS YACIMIENTOS SAN ISIDRO, LAS PAILAS Y LOS BARRANCOS Y SU IMPORTANCIA EN LOS PROCESOS DE CONCENTRACIÓN. CIUDAD PIAR**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra. Ciudad Bolívar, Venezuela. pp 34-39.

Rodríguez M. Ana, (2005). **CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE LAS MENAS DE LA MINA LOS BARRANCOS OBSERVANDO LA PRESENCIA DE MANGANESO, UBICADO EN EL MUNICIPIO RAÚL LEONI, ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra. Ciudad Bolívar, Venezuela. pp 44-49.

APENDICES

APÉNDICE A

Número de partículas por fracción granulométrica de las muestras analizadas.

Tabla A.1 Número de partículas por fracción granulométrica muestra M- 696.

1) NÚMERO DE PARTÍCULAS POR FRACCIÓN GRANULOMÉTRICA														
Identificación de la Muestra:			LB M-696			Fecha:		08/10/2009						
Analista:			Patricia Carranza			Turno:								
150	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	3	7	156	174	54	34	25	35	52	0	74	0	0	614
200	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	0	2	137	175	75	23	21	29	69	0	132	0	0	663
325	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	5	6	132	208	83	34	15	24	38	0	103	0	0	648
<325	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	14	19	121	203	12	5	2	14	139	2	27	0	0	558

2) VOLUMEN APARENTE POR FRACCIÓN GRANULOMÉTRICA			
150	200	325	<325
7,8	2,6	15,2	6,8

3) ESPACIO INTEGRANULAR DE LAS HEMATITAS POLICRISTALINAS			
Mineral	%	Tamaño de los Espacios	
Hematitas tabular y granular	4	2	µm

4) POROSIDAD EN LAS PARTÍCULAS POLICRISTALINAS			
Mineral	%	Diámetro de los poros	
Hematita Granular Rugosa	5		µm
Martita Compacta	12	3	µm
Martita Porosa	30	2	µm

5) TAMAÑO MEDIO DE LOS MONOCRISTALES EN PARTÍCULAS POLICRISTALINAS		
Tamaño medio de los monocristales de Martita:	2	µm

Tabla A.2 Número de partículas por fracción granulométrica muestra M- 702.

1) NÚMERO DE PARTÍCULAS POR FRACCIÓN GRANULOMÉTRICA														
Identificación de la Muestra:			LB M-702			Fecha:		13/10/2009						
Analista:			Patricia Carranza			Turno:								
150	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	0	0	34	105	94	55	36	23	178	3	5	0	0	533
200	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	0	0	20	108	74	69	16	15	217	4	9	0	0	532
325	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	0	0	27	92	86	59	30	14	206	13	8	0	0	535
<325	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	1	0	56	149	31	33	8	2	225	10	2	0	0	517
2) VOLUMEN APARENTE POR FRACCIÓN GRANULOMETRICA				3) ESPACIO INTEGRANULAR DE LAS HEMATITAS POLICRISTALINAS					4) POROSIDAD EN LAS PARTÍCULAS POLICRISTALINAS					
150	200	325	<325	Mineral		%	Tamaño de los Espacios		Mineral		%	Diámetro de los poros		
5	1,6	11	7,2	Hematitas tabular y granular		22	2	µm	Hematita Granular Rugosa		7		µm	
									Martita Compacta		15	3	µm	
									Martita Porosa		30	2	µm	
5) TAMAÑO MEDIO DE LOS MONOCRISTALES EN PARTÍCULAS POLICRISTALINAS														
Tamaño medio de los monocristales de Martita:					2	µm								

Tabla A.3 Número de partículas por fracción granulométrica muestra M-743.

1) NÚMERO DE PARTÍCULAS POR FRACCIÓN GRANULOMÉTRICA														
Identificación de la Muestra:				LB M-743			Fecha:		11/08/2009					
Analista:				Patricia Carranza			Turno:							
150	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	0	0	7	35	6	6	9	0	452	8	0	0	0	523
200	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	1	0	4	43	1	4	0	0	507	32	0	0	0	592
325	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	2	0	6	45	0	2	1	0	470	23	0	0	0	549
<325	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	4	1	10	46	0	1	0	0	483	1	0	0	0	546

2) VOLUMEN APARENTE POR FRACCIÓN GRANULOMETRICA			
150	200	325	<325
5,8	1,6	9,2	12,6

3) ESPACIO INTEGRANULAR DE LAS HEMATITAS POLICRISTALINAS			
Mineral	%	Tamaño de los Espacios	
Hematitas tabular y granular	3	2	µm

4) POROSIDAD EN LAS PARTÍCULAS POLICRISTALINAS			
Mineral	%	Diámetro de los poros	
Hematita Granular Rugosa	4		µm
Martita Compacta	10		µm
Martita Porosa	30		µm

5) TAMAÑO MEDIO DE LOS MONOCRISTALES EN PARTÍCULAS POLICRISTALINAS		
Tamaño medio de los monocristales de Martita:	2	µm

Tabla A.4 Número de partículas por fracción granulométrica muestra M-753.

1) NÚMERO DE PARTÍCULAS POR FRACCIÓN GRANULOMÉTRICA															
Identificación de la Muestra:			LB M-753			Fecha:		13/08/2009							
Analista:			Patricia Carranza			Turno:									
150	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL	
	5	9	67	104	2	12	8	0	290	29	1	0	0	527	
200	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL	
	8	12	67	136	4	12	4	0	360	31	2	0	0	636	
325	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL	
	10	18	52	92	3	3	1	0	327	20	0	0	0	526	
<325	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL	
	19	28	47	76	0	4	1	0	316	0	1	0	0	492	
2) VOLUMEN APARENTE POR FRACCIÓN GRANULOMETRICA				3) ESPACIO INTEGRANULAR DE LAS HEMATITAS POLICRISTALINAS				4) POROSIDAD EN LAS PARTÍCULAS POLICRISTALINAS							
150	200	325	<325	Mineral		%		Tamaño de los Espacios		Mineral		%		Diámetro de los poros	
5,2	4,8	6,4	7,4	Hematitas tabular y granular		3		2 μm		Hematita Granular Rugosa		5		μm	
										Martita Compacta		11		3 μm	
										Martita Porosa		30		2 μm	
5) TAMAÑO MEDIO DE LOS MONOCRISTALES EN PARTÍCULAS POLICRISTALINAS															
Tamaño medio de los monocristales de Martita:					2	μm									

Tabla A.5 Número de partículas por fracción granulométrica muestra M-765.

1) NÚMERO DE PARTÍCULAS POR FRACCIÓN GRANULOMÉTRICA															
Identificación de la Muestra:			LB M-765			Fecha:		20/08/2009							
Analista:			Patricia Carranza			Turno:									
150	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL	
	6	8	60	183	1	19	7	3	279	28	11	0	0	605	
200	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL	
	5	11	64	160	2	10	5	2	296	25	14	0	0	594	
325	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL	
	10	9	65	130	2	7	3	2	276	13	29	0	0	546	
<325	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL	
	20	19	50	88	0	0	0	0	355	9	31	0	0	572	
2) VOLUMEN APARENTE POR FRACCIÓN GRANULOMETRICA				3) ESPACIO INTEGRANULAR DE LAS HEMATITAS POLICRISTALINAS				4) POROSIDAD EN LAS PARTÍCULAS POLICRISTALINAS							
150	200	325	<325	Mineral		%		Tamaño de los Espacios		Mineral		%		Diámetro de los poros	
6,6	5,2	5,6	10	Hematitas tabular y granular		3		2 μm		Hematita Granular Rugosa		4		μm	
										Martita Compacta		7		3 μm	
										Martita Porosa		30		2 μm	
5) TAMAÑO MEDIO DE LOS MONOCRISTALES EN PARTÍCULAS POLICRISTALINAS															
Tamaño medio de los monocristales de Martita:					2		μm								

Tabla A.6 Número de partículas por fracción granulométrica muestra M-777.

1) NÚMERO DE PARTÍCULAS POR FRACIÓN GRANULOMÉTRICA														
Identificación de la Muestra:			LB M-777			Fecha:		11/09/2009						
Analista:			Patricia Carranza			Turno:								
150	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	5	5	95	158	5	30	10	32	211	30	1	0	0	582
200	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	4	5	110	243	1	18	8	25	171	28	5	0	0	618
325	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	6	7	96	214	5	28	5	21	164	19	6	0	0	571
<325	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	18	23	99	208	0	11	6	20	163	6	7	0	0	561
2) VOLUMEN APARENTE POR FRACCIÓN GRANULOMETRICA				3) ESPACIO INTEGRANULAR DE LAS HEMATITAS POLICRISTALINAS				4) POROSIDAD EN LAS PARTÍCULAS POLICRISTALINAS						
150	200	325	<325	Mineral		%	Tamaño de los Espacios		Mineral		%	Diámetro de los poros		
4,8	4,4	6	12,4	Hematitas tabular y granular		3	2 μm		Hematita Granular Rugosa		4	μm		
									Martita Compacta		12	μm		
									Martita Porosa		30	μm		
5) TAMAÑO MEDIO DE LOS MONOCRISTALES EN PARTÍCULAS POLICRISTALINAS														
Tamaño medio de los monocristales de Martita:					2	μm								

Tabla A.7 Número de partículas por fracción granulométrica muestra M-782.

1) NÚMERO DE PARTÍCULAS POR FRACCIÓN GRANULOMÉTRICA														
Identificación de la Muestra:			LB M-782			Fecha:		14/09/2009						
Analista:			Patricia Carranza			Turno:								
150	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	0	1	169	263	20	9	5	14	71	9	2	0	0	563
200	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	1	2	170	255	16	13	7	26	79	19	0	0	0	588
325	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	0	1	165	225	16	13	7	26	79	19	0	0	0	551
<325	T.Mono	G.Mono	T.Poli	G.Poli	HGR	Martita Compacta	Martita Porosa	Magnetita	Goethita	Agregado	Cuarzo	Gibbsita	M. Mn	TOTAL
	8	26	130	210	0	1	0	12	150	15	0	0	0	552
2) VOLUMEN APARENTE POR FRACCIÓN GRANULOMETRICA				3) ESPACIO INTEGRANULAR DE LAS HEMATITAS POLICRISTALINAS				4) POROSIDAD EN LAS PARTÍCULAS POLICRISTALINAS						
150	200	325	<325	Mineral		%	Tamaño de los Espacios		Mineral		%	Diámetro de los poros		
15,6	7,8	7	7,8	Hematitas tabular y granular		3	2		Hematita Granular Rugosa		5			
							μm		Martita Compacta		12			
									Martita Porosa		30			
5) TAMAÑO MEDIO DE LOS MONOCRISTALES EN PARTÍCULAS POLICRISTALINAS														
Tamaño medio de los monocristales de Martita:				2		μm								

APÉNDICE B

Tablas de los resultados de los análisis mineralógicos.

Tabla B.1 Resultados obtenidos del análisis mineralógico de la muestra M-696.

1) ANÁLISIS TECNOLÓGICO											
Identificación de la Muestra:				LB M-696		Fecha:		08/10/2009			
Analista:				Patricia Carranza		Turno:		0			
Tipo de Muestra:				Sondeo		Clasificación Tecnológica:		Hematítico Granular, Tabular			
	Volumen por fracción granulométrica				Distribución por fracción				%Total en volumen	Peso específico	%Total en peso
MINERALES	>150 Mallas	>200 Mallas	>325 Mallas	<325 Mallas	>150 Mallas	>200 Mallas	>325 Mallas	<325 Mallas			
Hematita Tabular monocristalina	0,49	0,00	0,77	2,51	0,12	0,00	0,36	0,53	1,01	5,20	1,16
Hematita granular monocristalina	1,14	0,30	0,93	3,41	0,27	0,02	0,43	0,71	1,45	5,20	1,67
Hematita Tabular policristalina	25,41	20,66	20,37	21,68	6,12	1,66	9,56	4,55	21,88	4,99	24,18
Hematita granular policristalina	28,34	26,40	32,10	36,38	6,82	2,12	15,06	7,64	31,63	4,99	34,95
Hematita Granular Rugosa	8,79	11,31	12,81	2,15	2,12	0,91	6,01	0,45	9,49	4,94	10,37
Martita compacta	5,54	3,47	5,25	0,90	1,33	0,28	2,46	0,19	4,26	4,58	4,32
Martita porosa	4,07	3,17	2,31	0,36	0,98	0,25	1,09	0,08	2,40	3,64	1,93
Magnetita	5,70	4,37	3,70	2,51	1,37	0,35	1,74	0,53	3,99	3,90	3,44
Goetita	8,47	10,41	5,86	24,91	2,04	0,84	2,75	5,23	10,85	4,30	10,33
Agregado	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,08	0,08	3,50	0,06
Quarzo	12,05	19,91	15,90	4,84	2,90	1,60	7,46	1,02	12,97	2,65	7,61
Gibbsita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,35	0,00
Otros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00
					24,07	8,02	46,91	20,99			
Volumen en %	24,07	8,02	46,91	20,99	100,00				100,00		100,00

Tabla B.2 Resultados obtenidos del análisis mineralógico de la muestra M-702.

1) ANÁLISIS TECNOLÓGICO											
Identificación de la Muestra:				LB M-702		Fecha:		13/10/2009			
Analista:				Patricia Carranza		Turno:		0			
Tipo de Muestra:				Sondeo		Clasificación Tecnológica:		Hematítico Granular, Tabular			
	Volumen por fracción granulométrica				Distribución por fracción				%Total en volumen	Peso específico	%Total en peso
MINERALES	>150 Mallas	>200 Mallas	>325 Mallas	<325 Mallas	>150 Mallas	>200 Mallas	>325 Mallas	<325 Mallas			
Hematita Tabular monocristalina	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06	5,20	0,07
Hematita granular monocristalina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,20	0,00
Hematita Tabular policristalina	6,38	3,76	5,05	10,83	1,29	0,24	2,24	3,14	6,91	4,06	6,61
Hematita granular policristalina	19,70	20,30	17,20	28,82	3,97	1,31	7,63	8,37	21,28	4,06	20,34
Hematita Granular Rugosa	17,64	13,91	16,07	6,00	3,56	0,90	7,13	1,74	13,32	4,84	15,18
Martita compacta	10,32	12,97	11,03	6,38	2,08	0,84	4,89	1,85	9,66	4,42	10,06
Martita porosa	6,75	3,01	5,61	1,55	1,36	0,19	2,49	0,45	4,49	3,64	3,85
Magnetita	4,32	2,82	2,62	0,39	0,87	0,18	1,16	0,11	2,32	3,90	2,14
Goetita	33,40	40,79	38,50	43,52	6,73	2,63	17,08	12,63	39,08	4,30	39,60
Agregado	0,56	0,75	2,43	1,93	0,11	0,05	1,08	0,56	1,80	3,50	1,49
Quarzo	0,94	1,69	1,50	0,39	0,19	0,11	0,66	0,11	1,07	2,65	0,67
Gibbsita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,35	0,00
Otros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00
					20,16	6,45	44,35	29,03			
Volumen en %	20,16	6,45	44,35	29,03	100,00				100,00		100,00

Tabla B.3 Resultados obtenidos del análisis mineralógico de la muestra M-743.

1) ANÁLISIS TECNOLÓGICO											
Identificación de la Muestra:				LB M-743		Fecha:		11/08/2009			
Analista:				Patricia Carranza		Turno:		0			
Tipo de Muestra:				Sondeo		Clasificación Tecnológica:		Hematítico Granular, Tabular			
	Volumen por fracción granulométrica				Distribución por fracción				%Total en volumen	Peso específico	%Total en peso
MINERALES	>150 Mallas	>200 Mallas	>325 Mallas	<325 Mallas	>150 Mallas	>200 Mallas	>325 Mallas	<325 Mallas			
Hematita Tabular monocristalina	0,00	0,17	0,36	0,73	0,00	0,01	0,11	0,32	0,44	5,20	0,53
Hematita granular monocristalina	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,08	0,08	5,20	0,09
Hematita Tabular policristalina	1,34	0,68	1,09	1,83	0,27	0,04	0,34	0,79	1,44	5,04	1,66
Hematita granular policristalina	6,69	7,26	8,20	8,42	1,33	0,40	2,58	3,64	7,95	5,04	9,19
Hematita Granular Rugosa	1,15	0,17	0,00	0,00	0,23	0,01	0,00	0,00	0,24	4,99	0,27
Martita compacta	1,15	0,68	0,36	0,18	0,23	0,04	0,11	0,08	0,46	4,68	0,49
Martita porosa	1,72	0,00	0,18	0,00	0,34	0,00	0,06	0,00	0,40	3,64	0,33
Magnetita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,90	0,00
Goetita	86,42	85,64	85,61	88,46	17,17	4,69	26,97	38,17	87,00	4,30	85,82
Agregado	1,53	5,41	4,19	0,18	0,30	0,30	1,32	0,08	2,00	3,50	1,60
Quarzo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,65	0,00
Gibbsita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,35	0,00
Otros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00
					19,86	5,48	31,51	43,15			
Volumen en %	19,86	5,48	31,51	43,15	100,00				100,00		100,00

Tabla B.4 Resultados obtenidos del análisis mineralógico de la muestra M-753.

1) ANÁLISIS TECNOLÓGICO											
Identificación de la Muestra:				LB M-753		Fecha:		13/08/2009			
Analista:				Patricia Carranza		Turno:		0			
Tipo de Muestra:				Sondeo		Clasificación Tecnológica:		Hematítico Granular, Tabular			
	Volumen por fracción granulométrica				Distribución por fracción				%Total en volumen	Peso específico	%Total en peso
MINERALES	>150 Mallas	>200 Mallas	>325 Mallas	<325 Mallas	>150 Mallas	>200 Mallas	>325 Mallas	<325 Mallas			
Hematita Tabular monocristalina	0,95	1,26	1,90	3,86	0,21	0,25	0,51	1,20	2,17	5,20	2,49
Hematita granular monocristalina	1,71	1,89	3,42	5,69	0,37	0,38	0,92	1,77	3,44	5,20	3,95
Hematita Tabular policristalina	12,71	10,53	9,89	9,55	2,78	2,12	2,66	2,97	10,53	5,04	11,70
Hematita granular policristalina	19,73	21,38	17,49	15,45	4,31	4,31	4,70	4,80	18,13	5,04	20,15
Hematita Granular Rugosa	0,38	0,63	0,57	0,00	0,08	0,13	0,15	0,00	0,36	4,94	0,40
Martita compacta	2,28	1,89	0,57	0,81	0,50	0,38	0,15	0,25	1,28	4,63	1,31
Martita porosa	1,52	0,63	0,19	0,20	0,33	0,13	0,05	0,06	0,57	3,64	0,46
Magnetita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,90	0,00
Goetita	55,03	56,60	62,17	64,23	12,02	11,42	16,72	19,97	60,13	4,30	56,97
Agregado	5,50	4,87	3,80	0,00	1,20	0,98	1,02	0,00	3,21	3,50	2,47
Quarzo	0,19	0,31	0,00	0,20	0,04	0,06	0,00	0,06	0,17	2,65	0,10
Gibbsita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,35	0,00
Otros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00
					21,85	20,17	26,89	31,09			
Volumen en %	21,85	20,17	26,89	31,09	100,00				100,00		100,00

Tabla B.5 Resultados obtenidos del análisis mineralógico de la muestra M-765.

1) ANÁLISIS TECNOLÓGICO														
Identificación de la Muestra:				LB M-765		Fecha:		20/08/2009						
Analista:				Patricia Carranza		Turno:		0						
Tipo de Muestra:				Sondeo		Clasificación Tecnológica:								
				Volumen por fracción granulométrica				Distribución por fracción						
MINERALES				>150 Mallas	>200 Mallas	>325 Mallas	<325 Mallas	>150 Mallas	>200 Mallas	>325 Mallas	<325 Mallas	%Total en volumen	Peso específico	%Total en peso
Hematita Tabular monocristalina				0,99	0,84	1,83	3,50	0,24	0,16	0,37	1,28	2,05	5,20	2,37
Hematita granular monocristalina				1,32	1,85	1,65	3,32	0,32	0,35	0,34	1,21	2,22	5,20	2,57
Hematita Tabular policristalina				9,92	10,77	11,90	8,74	2,39	2,04	2,43	3,19	10,06	5,04	11,28
Hematita granular policristalina				30,25	26,94	23,81	15,38	7,29	5,11	4,87	5,61	22,88	5,04	25,65
Hematita Granular Rugosa				0,17	0,34	0,37	0,00	0,04	0,06	0,07	0,00	0,18	4,99	0,20
Martita compacta				3,14	1,68	1,28	0,00	0,76	0,32	0,26	0,00	1,34	4,84	1,44
Martita porosa				1,16	0,84	0,55	0,00	0,28	0,16	0,11	0,00	0,55	3,64	0,45
Magnetita				0,50	0,34	0,37	0,00	0,12	0,06	0,07	0,00	0,26	3,90	0,22
Goetita				46,12	49,83	50,55	62,06	11,11	9,46	10,33	22,65	53,55	4,30	51,19
Agregado				4,63	4,21	2,38	1,57	1,11	0,80	0,49	0,57	2,97	3,50	2,31
Quarzo				1,82	2,36	5,31	5,42	0,44	0,45	1,09	1,98	3,95	2,65	2,33
Gibbsita				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,35	0,00
Otros				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00
								24,09	18,98	20,44	36,50			
Volumen en %				24,09	18,98	20,44	36,50	100,00				100,00		100,00

Tabla B.6 Resultados obtenidos del análisis mineralógico de la muestra M-777.

1) ANÁLISIS TECNOLÓGICO											
Identificación de la Muestra:				LB M-777		Fecha:		11/09/2009			
Analista:				Patricia Carranza		Turno:		0			
Tipo de Muestra:				Sondeo		Clasificación Tecnológica:					
	Volumen por fracción granulométrica				Distribución por fracción				%Total en volumen	Peso específico	%Total en peso
MINERALES	>150 Mallas	>200 Mallas	>325 Mallas	<325 Mallas	>150 Mallas	>200 Mallas	>325 Mallas	<325 Mallas			
Hematita Tabular monocristalina	0,86	0,65	1,05	3,21	0,15	0,10	0,23	1,44	1,92	5,20	2,13
Hematita granular monocristalina	0,86	0,81	1,23	4,10	0,15	0,13	0,27	1,84	2,39	5,20	2,65
Hematita Tabular policristalina	16,32	17,80	16,81	17,65	2,84	2,84	3,65	7,93	17,26	5,04	18,59
Hematita granular policristalina	27,15	39,32	37,48	37,08	4,72	6,27	8,15	16,66	35,79	5,04	38,55
Hematita Granular Rugosa	0,86	0,16	0,88	0,00	0,15	0,03	0,19	0,00	0,37	4,99	0,39
Martita compacta	5,15	2,91	4,90	1,96	0,90	0,46	1,07	0,88	3,31	4,58	3,23
Martita porosa	1,72	1,29	0,88	1,07	0,30	0,21	0,19	0,48	1,18	3,64	0,91
Magnetita	5,50	4,05	3,68	3,57	0,96	0,64	0,80	1,60	4,00	3,90	3,33
Goetita	36,25	27,67	28,72	29,06	6,31	4,41	6,24	13,05	30,01	4,30	27,56
Agregado	5,15	4,53	3,33	1,07	0,90	0,72	0,72	0,48	2,82	3,50	2,11
Quarzo	0,17	0,81	1,05	1,25	0,03	0,13	0,23	0,56	0,95	2,65	0,54
Gibbsita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,35	0,00
Otros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00
					17,39	15,94	21,74	44,93			
Volumen en %	17,39	15,94	21,74	44,93	100,00				100,00		100,00

Tabla B.7 Resultados obtenidos del análisis mineralógico de la muestra M-782.

1) ANÁLISIS TECNOLÓGICO											
Identificación de la Muestra:				LB M-782		Fecha:		14/09/2009			
Analista:				Patricia Carranza		Turno:		0			
Tipo de Muestra:				Sondeo		Clasificación Tecnológica:					
	Volumen por fracción granulométrica				Distribución por fracción				%Total en volumen	Peso específico	%Total en peso
MINERALES	>150 Mallas	>200 Mallas	>325 Mallas	<325 Mallas	>150 Mallas	>200 Mallas	>325 Mallas	<325 Mallas			
Hematita Tabular monocristalina	0,00	0,17	0,00	1,45	0,00	0,03	0,00	0,30	0,33	5,20	0,36
Hematita granular monocristalina	0,18	0,34	0,18	4,71	0,07	0,07	0,03	0,96	1,14	5,20	1,23
Hematita Tabular policristalina	30,02	28,91	29,95	23,55	12,26	5,90	5,49	4,81	28,46	5,04	29,74
Hematita granular policristalina	46,71	43,37	40,83	38,04	19,08	8,86	7,48	7,77	43,18	5,04	45,13
Hematita Granular Rugosa	3,55	2,72	2,90	0,00	1,45	0,56	0,53	0,00	2,54	4,94	2,60
Martita compacta	1,60	2,21	2,36	0,18	0,65	0,45	0,43	0,04	1,57	4,58	1,49
Martita porosa	0,89	1,19	1,27	0,00	0,36	0,24	0,23	0,00	0,84	3,64	0,63
Magnetita	2,49	4,42	4,72	2,17	1,02	0,90	0,86	0,44	3,23	3,90	2,61
Goetita	12,61	13,44	14,34	27,17	5,15	2,74	2,63	5,55	16,07	4,30	14,32
Agregado	1,60	3,23	3,45	2,72	0,65	0,66	0,63	0,55	2,50	3,50	1,81
Quarzo	0,36	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,15	2,65	0,08
Gibbsita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,35	0,00
Otros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00
					40,84	20,42	18,32	20,42			
Volumen en %	40,84	20,42	18,32	20,42	100,00				100,00		100,00

APÉNDICE C

Resultado de la caracterización tecnológica de las muestras analizadas.

Tabla C.1 Resultado de la Caracterización tecnológica de las muestras analizadas.

Muestra	Código Mena	Clasif. Tecnol.	GRUPO TECNOL.	Hematita monocristalina	Hematita policristalina	HGR	Martita	Magnetita	GOE+AT	QZO	Gibbsita	Otros	GIBBS+OTR
M-693	360	HP - GOE	3	6,35	46,20	0,10	6,02	1,74	39,20	0,38	0,54	0,00	0,54
M-696	362	HP - QZO	11	2,45	59,12	10,37	6,25	3,44	10,39	7,61	0,21	0,02	0,23
M-701	130	GOE / HP - MART	5	0,10	26,23	2,38	16,35	0,07	54,69	0,18	0,56	0,00	0,56
M-702	105 (102)	GOE / HP - HGR	16	0,07	26,94	15,18	13,92	2,14	41,08	0,67	1,91	0,00	1,91
M-707	320	HP / GOE	8	3,06	52,29	9,04	5,85	0,15	27,90	1,72	0,12	0,00	0,12
M-710	300	HP - GOE	3	1,96	37,59	13,70	11,62	3,71	30,95	0,48	0,00	0,00	0,00
M-712	322	HP / MART	10	3,90	44,93	6,22	16,64	0,50	2,27	0,00	0,00	0,00	0,00
M-743	130	GOE	2	0,62	10,86	0,27	0,83	0,00	87,43	0,00	0,00	0,00	0,00
M-750	120	GOE	2	8,82	13,58	0,00	0,14	0,00	76,92	0,54	0,00	0,00	0,00
M-753	120	GOE - HP	3	6,44	31,86	0,40	1,77	0,00	59,45	0,10	0,00	0,00	0,00
M-756	122	GOE - HP	3	4,09	32,58	0,67	5,15	0,03	57,36	0,11	0,00	0,00	0,00
M-758	120	GOE / HP	7	3,64	16,66	0,00	0,53	0,04	77,53	1,60	0,00	0,02	0,02
M-761	122	GOE	2	2,79	10,14	0,00	0,18	0,00	86,83	0,06	0,00	0,00	0,00
M-763	120	GOE	2	5,40	10,18	7,99	0,10	0,00	84,19	0,13	0,00	0,02	0,02
M-765	120	GOE - HP / QZO	12	4,93	36,93	0,20	1,88	0,22	53,50	2,33	0,01	0,15	0,16
M-766	102	HP - GOE	3	6,20	52,90	0,19	3,46	0,52	35,58	1,15	0,00	0,00	0,00
M-769	202	HP - GOE	3	3,11	61,81	0,20	0,41	0,07	34,17	0,23	0,00	0,00	0,00
M-772	102	GOE - HP	3	8,33	38,34	0,04	3,08	0,05	50,15	0,00	0,00	0,00	0,00
M-777	100	HP / HM	6	23,37	57,14	0,39	4,15	3,33	2,65	0,54	0,00	0,00	0,00
M-780	102	HP / GOE	8	1,80	66,27	2,08	3,07	2,07	24,64	0,08	0,00	0,00	0,00
M-782	100	HP / GOE	8	1,58	74,88	2,60	2,12	2,61	16,13	0,08	0,00	0,05	0,05

APÉNDICE D

Composición química de las muestras de mineral de hierro.

Tabla D.1 Química de las muestras de mineral de hierro.

ID CARACT. MIN.	FE	SIO2	AL2O3	PPC	P	MN	SIMB	MENA	LITO
M-693	64,95	4,90	0,30	1,90	0,092	0,020	FS	360	3
M-696	64,92	3,50	0,40	3,30	0,043	0,010	FPS	362	3
M-701	64,55	0,70	0,70	6,20	0,171	0,010	VGY	130	1
M-702	67,21	0,30	0,40	3,20	0,061	0,030	VDLZ	105	10
M-707	66,12	1,50	0,30	3,60	0,126	0,010	FY	320	2
M-710	66,17	0,60	0,50	4,30	0,055	0,010	F	300	2
M-712	66,86	0,80	0,10	3,50	0,080	0,010	FPY	322	2
M-743	60,35	0,80	1,80	11,00	0,169	0,010	VG	130	1
M-750	61,69	0,97	1,20	9,55	0,146	0,010	VY	120	1
M-753	63,97	0,36	1,18	6,96	0,111	0,010	VY	120	1
M-756	63,81	0,35	1,00	7,36	0,123	0,010	VPY	122	10
M-758	61,81	1,59	0,93	9,05	0,116	0,010	VY	120	1
M-761	60,82	0,66	1,43	10,86	0,160	0,010	VPY	122	10
M-763	60,36	0,56	1,62	11,42	0,168	0,010	VY	120	1
M-765	63,98	2,05	0,56	5,87	0,109	0,010	VY	120	1
M-766	66,65	0,88	0,39	3,40	0,099	0,010	VP	102	10
M-769	67,18	0,22	0,46	3,27	0,073	0,010	BP	202	2
M-772	65,73	0,36	0,68	4,95	0,096	0,010	VP	102	10
M-777	65,78	0,72	0,65	4,56	0,085	0,010	V	100	1
M-780	66,98	0,30	0,50	3,43	0,072	0,010	VP	102	10
M-782	67,56	0,18	0,30	2,92	0,059	0,020	V	100	1

APÉNDICE F

Microfotografías de las muestras analizadas.

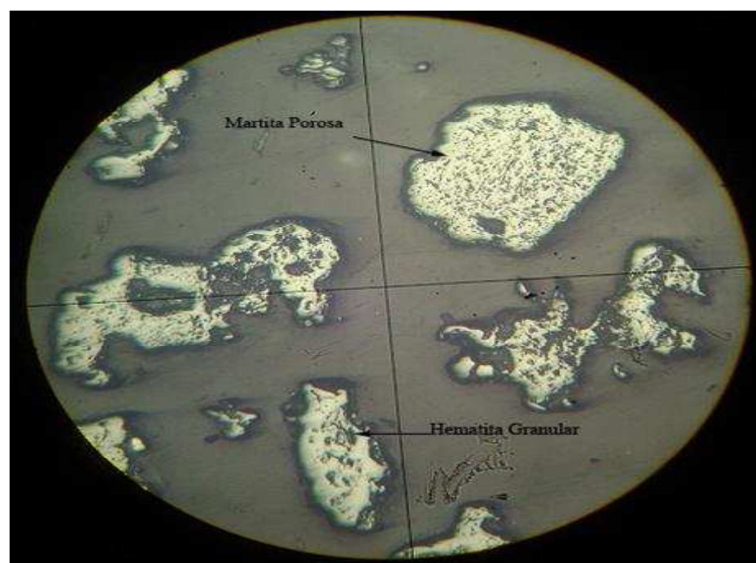


Figura F.1 Microfotografía de la muestra M-693 (100 mesh), tomada con nicols paralelos.

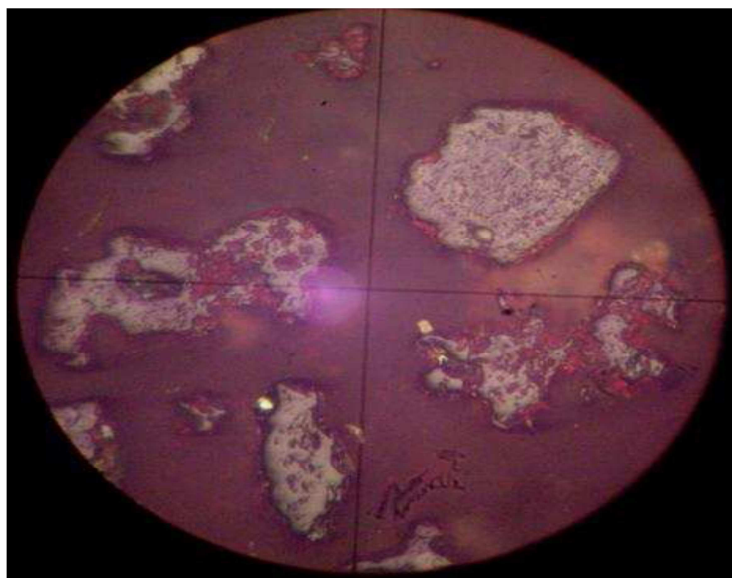


Figura F.2 Microfotografía de la muestra M-693 (100 mesh), tomada con nicoles cruzados.

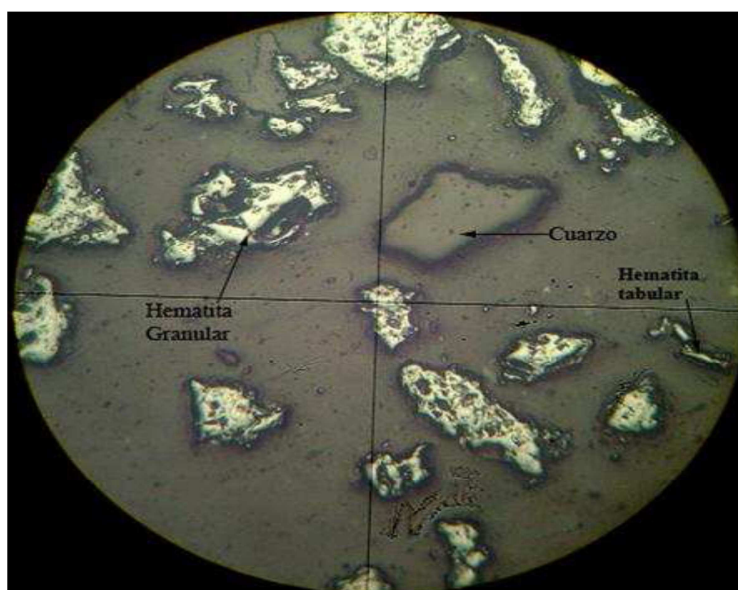


Figura F.3 Microfotografía de la muestra M-696(200 mesh), tomada con nicoles paralelos.

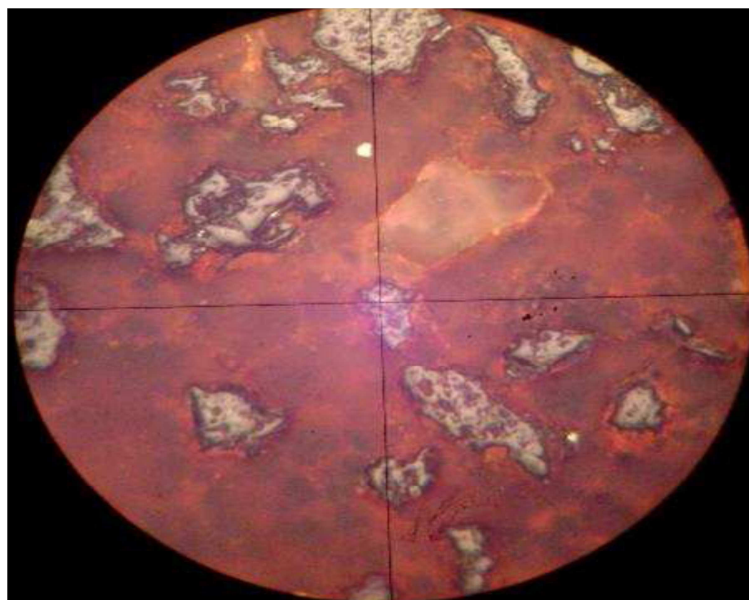


Figura F.4 Microfotografía de la muestra M-696 (200 mesh), tomada con nicoles Cruzados.

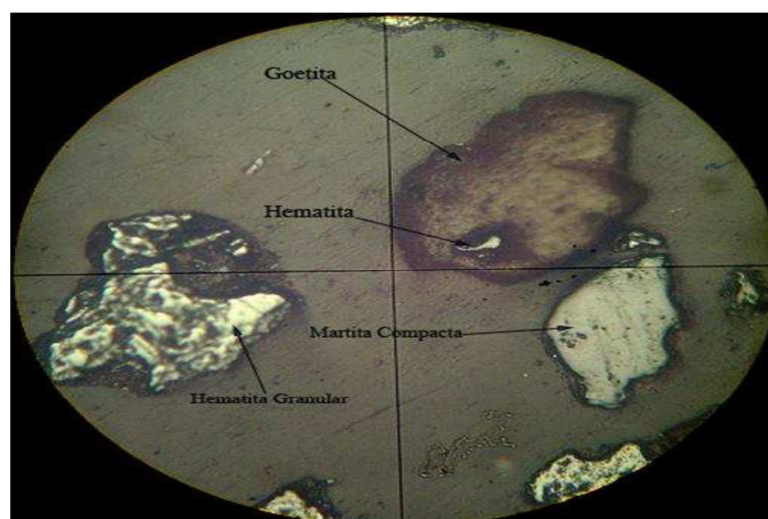


Figura F.5 Microfotografía de la muestra M- 769 (100 mesh), tomada con nicoles paralelos.

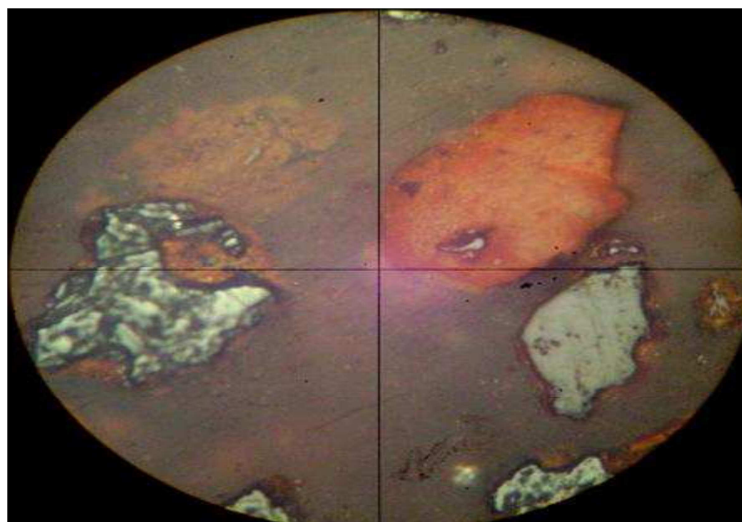


Figura F.6 Microfotografía de la muestra M-769 (100 mesh), tomada con nicoles cruzados.

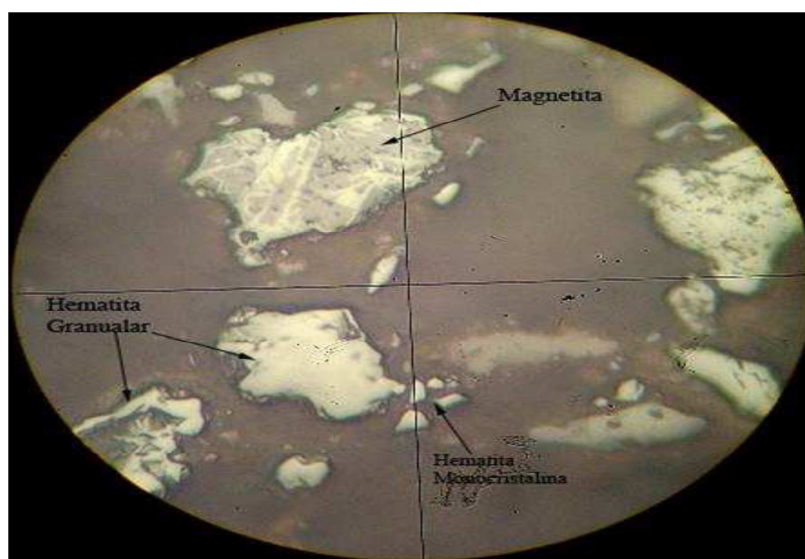


Figura F.7 Microfotografía de la muestra M- 712 (+325 mesh), tomada con nicoles paralelos.

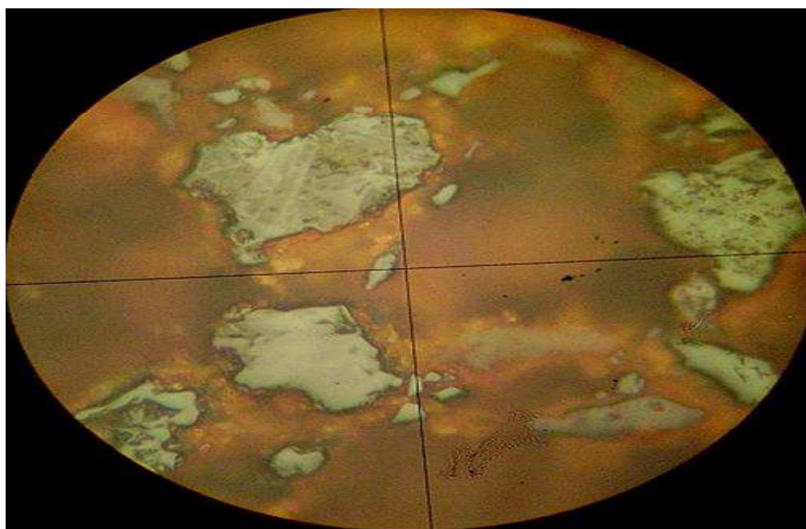


Figura F.8 Microfotografía de la muestra M-712 (+325 mesh), tomada con nicoles cruzados.

APÉNDICE E

Composición mineralógica de las muestras.

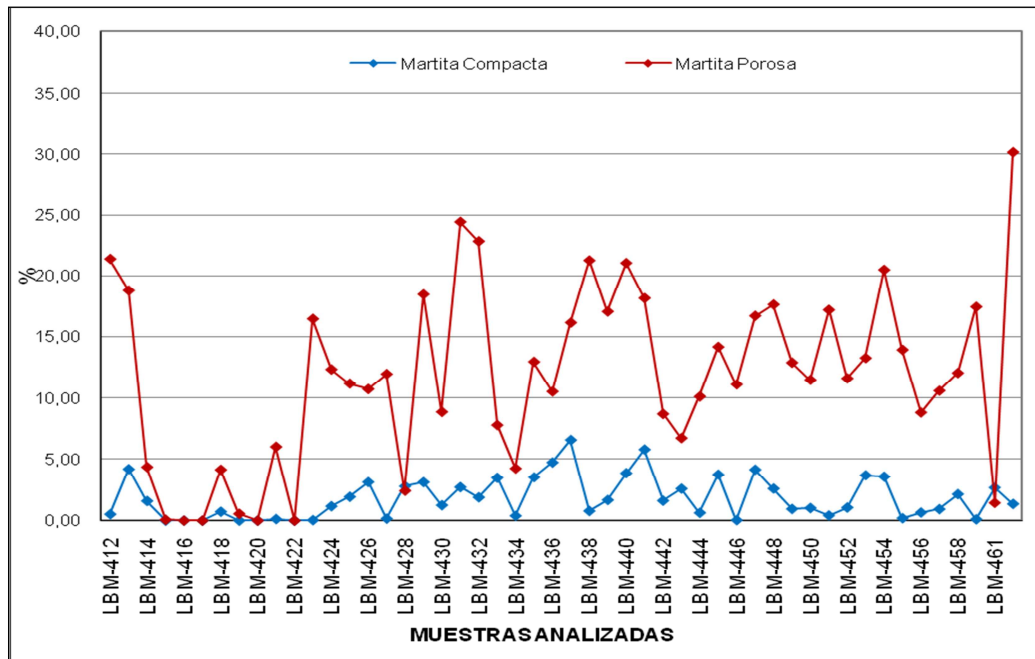


Figura E.1 Martita compacta y martita porosa.

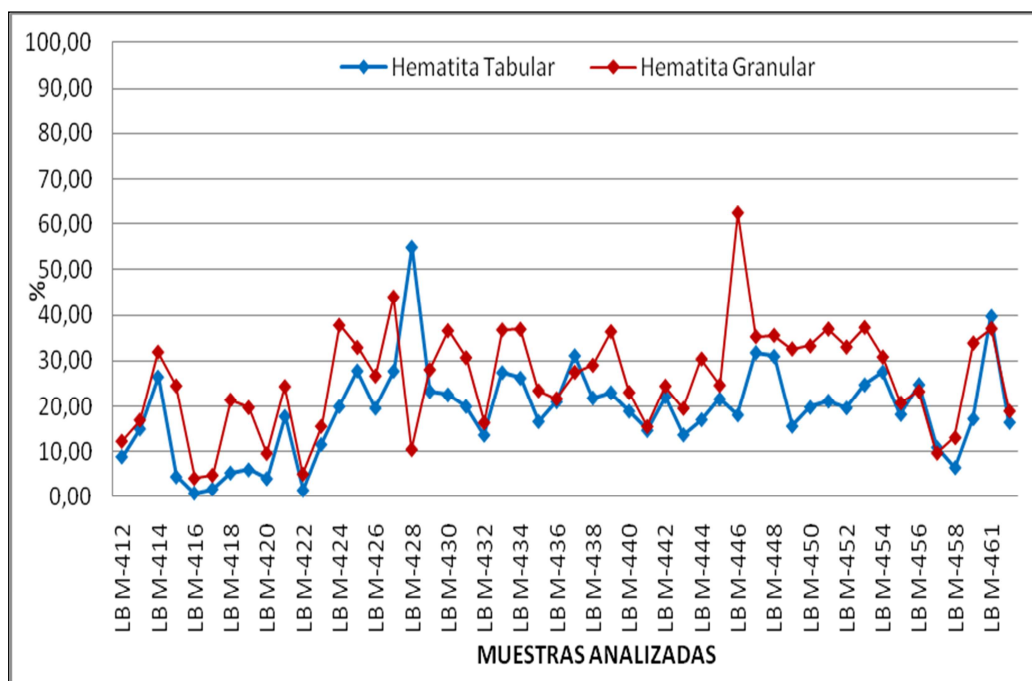


Figura E.2 Hematita tabular y hematita granular.

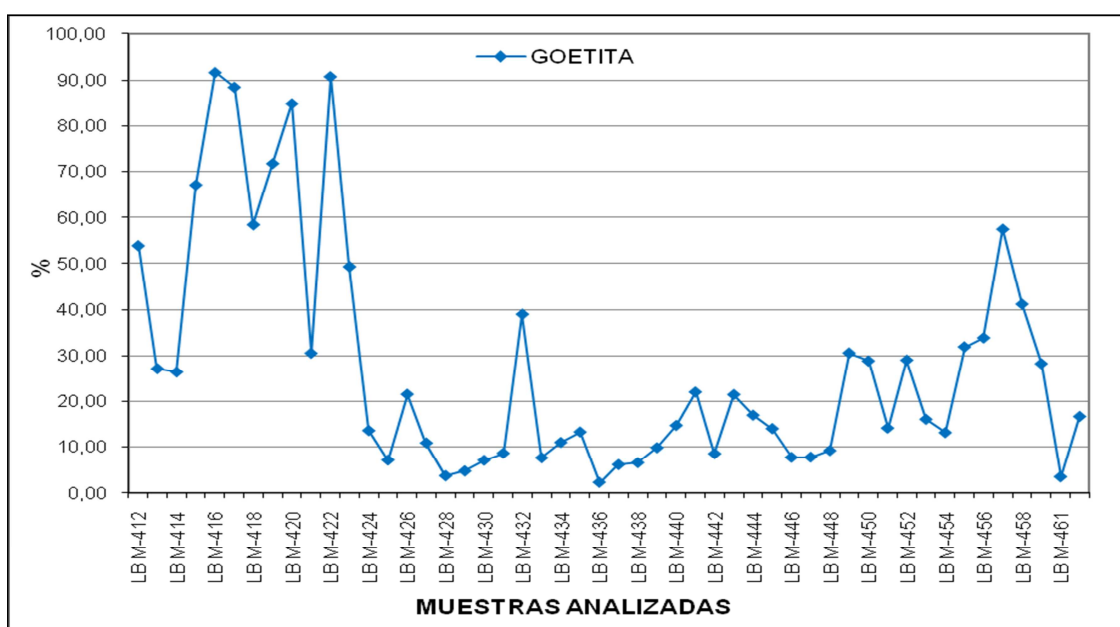


Figura E.3 Goetita.

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

Título	Caracterización mineralógica y tecnológica de muestras de mineral de hierro de la mina los barrancos del cuadrilátero ferrífero San Isidro, ubicado en el Municipio Bolivariano Angostura, Ciudad Piar _ Estado Bolívar
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Patricia K., Carranza G.	CVLAC	17339169
	e-mail	Patriciacg85@gmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Caracterización mineralógica
Caracterización tecnológica
Análisis mineralógico

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Departamento de Geología	Geología

Resumen (abstract):

Este trabajo de grado está orientado a la caracterización mineralógica y tecnológica del mineral de hierro de la Mina Los Barrancos ubicados entre los 63° 10' de longitud Oeste y los 7° 25' de latitud Norte, específicamente en los alrededores de Ciudad Piar, Municipio Bolivariano Angostura, estado Bolívar. La materia prima utilizada en los diferentes procesos siderúrgicos y de concentración es suministrada por C.V.G Ferrominera Orinoco de los diferentes frentes de explotación, lo cual ocasionada alta variabilidad en las características físicas, químicas y mineralógicas del mineral. Se seleccionaron muestras de mineral de hierro de C.V.G Ferrominera Orinoco entre Finos y Costras. Se realizaron caracterizaciones mineralógicas y tecnológicas, a las muestras seleccionadas de la mina Los Barrancos con el propósito de establecer un lenguaje común entre la industria de extracción del mineral de hierro y la siderurgia, transmitiendo información en el punto de vista tanto genético, como comportamiento mineralógico en los diferentes procesos siderúrgicos. Para la caracterización mineralógica las muestras se prepararon en baquelitas con la ayuda en conjunto con el laboratorio mineralógico de la empresa SIDOR mediante embutido en frio se separan en fracciones de 100, 200, 325 y -325 mesh para luego ser analizadas con microscopio de luz polarizante.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
María , Sampol	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☒ JU ☐
	CVLAC	8850664
	e-mail	MARISAMPOL3@HOTMAL.COM
	e-mail	
Anna, Bandini	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☒
	CVLAC	12601683
	e-mail	BANDINIANNA@HOTMAIL.COM
	e-mail	
Miguel, Gómez	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☒
	CVLAC	4031652
	e-mail	
	e-mail	
	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☐
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2010	05	12

Lenguaje: spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis Caracterizacion mineralógica t tecnológica de muestras de minerales.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: CVG FERROMINERA ORINOCO (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: GEÓLOGIA

Nivel Asociado con el Trabajo: PRE-GRADO

Área de Estudio: DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

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

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

Derechos:

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado

**“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la
Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros
fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo,
quien lo participara al Consejo Universitario”**

Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuido. La idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en el trabajo, salvaguardando al mismo tiempo los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios para los autores y/o la Universidad de Oriente que pudieran derivarse de patentes comerciales o industriales.



AUTOR 1

AUTOR 2

AUTOR 3



TUTOR

AUTOR 4



JURADO 1



JURADO 2

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:

