

Evaluación de las características físico-químicas y mineralógicas de la mena de hierro del grupo de yacimientos Hierro Santiago

Ing. Andrey Leyva Mormul, M Sc. Emilio Leyva Ramírez, M Sc. Oscar Leyva Gonzáles,
Ing. Oscar Figueredo Stable, Ing. Yosvany Ferreiro Guerrero ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Centro de Investigaciones Siderúrgicas, D'SIT. Dique Norte, La Pasa, Nicaro, Holguín.

Recibido: enero-octubre, 2007	Aceptado: noviembre, 2007
-------------------------------	---------------------------

Resumen

Con el propósito de recopilar la mayor información sobre las características físico-químicas y mineralógicas de la mena de hierro del Grupo de Yacimientos Hierro Santiago, se efectuó una búsqueda bibliográfica, encontrándose que se han investigado los siguientes sectores: La Grande, Chiquita, Folía, Concordia, Antoñica, Chicharrones, El Descanso y Yuca. Estos trabajos se realizaron con muestras que abarcaban una superficie del 20 al 30 % de cada sector. Aspecto común en todas las muestras, es que la mayor parte del hierro se distribuye en las clases mayores que 3360 μm . Generalmente la textura es diseminada, manchada-diseminada y en forma de brechas. En algunos sectores los depósitos están representados por cuerpos de minerales únicos y compactos, mientras que en otros se encuentran en forma de cuerpos minerales aislados. El mineral o especie mineralógica principal es la magnetita (Fe_3O_4), aunque la hematita secundaria (martita) tiene una importancia subordinada. Estas características propician que esta reserva ferrífera sea considerada para un futuro proyecto de extracción de mineral de hierro con fines siderúrgicos.

Palabras clave: Minería.

Abstract

With the purpose of gathering the biggest information on the physical-chemical and mineralogical characteristics of the ore of iron of the Group Santiago Iron, was conducted a bibliographical search, that resulted in being that have investigated the following sectors: La Grande, Chiquita, Folía, Concordia, Antoñica, Chicharrones, El Descanso and Yuca. These works were carried out with samples that embraced a surface from the 20 to 30 % of each sector. Common aspect in all the samples is that most of the iron is distributed in classes larger than 3360 μm . The texture is generally disseminated, spotted-disseminated and in form of breaches. In some sectors by deposits are represented of joint minerals unique and compact, while others are in the form of joint mineral insulated. The mineral or specie mineralogical main is the magnetite (Fe_3O_4), although the secondary hematite (martite) has a subordinated importance. These characteristics lead that this reservoir is considered for a future project of extraction of iron mineral with purposes siderurgical.

Key words: Mining.

Introducción

En el Centro de Investigaciones Siderúrgicas de Nicaro (D'SIT), Cuba, se han investigado, por más de 20 años diferentes minerales feríferos del oriente del país, como posibles fuentes de materias primas para la industria siderúrgica.

Estos trabajos indican que la mayor parte de las reservas de hierro (Fe) se encuentran en las provincias de Santiago de Cuba y Holguín, destacándose: el Grupo de Yacimiento Hierro Santiago; y los residuos minero-industriales (escombros lateríticos y colas respectivamente) de las empresas niquelíferas: “Cdte. Rene Ramos Latour”, ubicada en Nicaro; “Cdte. Ernesto Che Guevara” y “Cdte. Pedro Soto Alba”, ambas situadas en Moa.

Al realizar la búsqueda bibliográfica sobre el estado del conocimiento de los yacimientos ó depósitos antes mencionados, se determinó que los trabajos sobre el Grupo de Yacimientos Hierro Santiago, recaen en su caracterización y beneficio por sectores, como parte de la evaluación tecnológica de los mismos. Encontrándose disgregados en tesis, informes técnicos y de investigaciones, pero muy poco ha salido en publicaciones científicas.

Con el objetivo de congregar la mayor información posible sobre las particularidades físico-químicas y mineralógicas de esta mena, se realizó una búsqueda bibliográfica de las publicaciones, tesis e informes sobre los sectores La Grande, Chiquita, Folía, Concordia, Antoñica, Chicharrones, El Descanso y Yuca, los cuales en conjunto, forman más del 80 % de las reservas analizadas del yacimiento ferífero Hierro Santiago.

Materiales y métodos

Se utilizó el método de revisión bibliográfica para profundizar en el conocimiento de las características del yacimiento, además de los acumulados en las investigaciones de preparación premetalúrgica, en el Centro de Investigaciones Siderúrgicas. La búsqueda se realizó en: la Biblioteca Virtual y el Centro de Información y Comunicación del D'SIT.

Para el análisis de las características de grosor se utilizó el programa Microsoft Excel, al efecto se construyeron gráficos semilogarítmicos en un sistema de coordenadas x vs. y: donde, por el eje de las abscisas está trazado el logaritmo del diámetro de los granos (d, en μm), mientras que por el eje de las ordenadas el contenido de las clases más gruesas que d.

Pudiendo determinarse el diámetro de los orificios del tamiz de ensayo en μm (d) por la siguiente expresión:

$d = 10^x$, siendo x el logaritmo del diámetro de los orificios del tamiz de ensayo, según las curvas de las características de grosor.

Resultados y discusión

En la búsqueda bibliográfica se encontraron dos proyectos de grado de estudiantes de enseñanza politécnica realizados en 1989, relacionados con el beneficio de minerales por separación magnética de muestras tecnológicas del sector Concordia [7] y el sector Antoñica [9]; el trabajo de diploma realizado por Estupiñán Y. en el año 2002 [2], que evalúa desde el punto de vista físico-químico y mineralógico el mineral de hierro del sector Yuca para la obtención de prerreducidos; Santiesteban E. en el año 1990 efectuó su trabajo de diploma en el sector Chiquita [10], donde hizo una caracterización y preparación premetalúrgica de una muestra del depósito mencionado, con vista a valorar este mineral como sustituto parcial de la chatarra; en 1990 Figueredo O. ejecutó un estudio del beneficio por separación magnética de una muestra del sector La Grande [5]; dos trabajos también realizados por Figueredo O.; encontrados en el Boletín Siderurgia de los años 1989 y 1990; con el propósito de incrementar las reservas de minerales feríferos en el marco del Programa de Desarrollo Siderúrgico [3] y la obtención de concentrados válidos de hierro para la prerreducción [4].

1. Caracterización general del Yacimiento Hierro Santiago.

El yacimiento Hierro Santiago está situado a unos 13 km al este de la ciudad de Santiago de Cuba. Dentro de los límites de toda la zona mineralizada se destacan diez sectores metalíferos con reservas significativas de mineral de Fe (Tabla I). [2]

En algunos sectores los depósitos están representados por cuerpos de minerales únicos y compactos, mientras que en otros se encuentran en forma de cuerpos minerales aislados. [3]

Tabla I. Grupo de yacimientos de Hierro Santiago. Datos generales.

Sectores	Reservas (Mt)	Reservas (%)	Contenido de Fe _{Total} en la mena (%)
La Grande	11 110 080	30,31	41,60
Folía	7 267 600	19,83	35,30
Concordia	4 668 000	12,74	40,22
El Descanso	4 080 970	11,13	62,90
Antoñica	2 994 200	8,17	42,24
Chiquita	2 569 590	7,01	40,20
El Norte	2 304 422	6,29	47,18 ^[2]
Chicharrones	1 274 450	3,48	54,18
Arroyo de la Poza	301 230	0,82	49,18 ^[2]
Yuca	79 780	0,22	60,64
Total	36650322	100	43,39

Desde el punto de vista mineralógico, el mineral o especie mineralógica principal es la magnetita (Fe_3O_4), aunque la hematina secundaria (martita) tiene una importancia subordinada. En la parte no metalífera se encuentran granates, hidróxidos, anfíboles, cuarzo, epidota, carbonatos y otros minerales aislados. Generalmente la textura de las menas es diseminada, manchada-diseminada y en forma de brechas. [3] Su estructura interna es complicada, por la intercalación de porfírita y diques de diabasa. [10]

1.1. Composición química

El análisis espectral por fluorescencia de rayos X permitió detectar la presencia de los siguientes elementos: hierro, cromo, níquel, cobalto, silicio, aluminio, magnesio, manganeso, cobre, vanadio, potasio, titanio, sodio, azufre y fósforo, en algunos sectores se observa la presencia de bario. [3]

En la Tabla II aparecen los resultados de la composición química de las muestras tecnológicas de los sectores La Grande, Chiquita, Folía, Concordia, Antoñica, Chicharrones, El Descanso y Yuca. Se observa una distribución homogénea del hierro, excepto en el sector Folía, donde el contenido de este elemento, solo alcanza el 35,3 %. La ganga se encuentra compuesta fundamentalmente por sílice y alúmina, aunque también existe la presencia de bases, óxidos de calcio y magnesio.

1.2. Composición mineralógica

El yacimiento Hierro Santiago está compuesto en algunos sectores por menas magnetíticas de cuerpos minerales únicos y compactos, aunque también se encuentran cuerpos minerales aislados. En general, los cuerpos minerales de todos los sectores se caracterizan por una composición magnetítica. El mineral metalífero principal, es la magnetita y su contenido (b) difiere de un sector a otro.

La hematina secundaria o martita, tiene una importancia subordinada, sus contenidos son relativamente pequeños en todos los sectores, con la excepción de Antoñica, donde hay un elevado entrecrecimiento entre la hematina y la magnetita.

En la mayoría de los casos, las menas están acompañadas por otros minerales ferríferos, como la pirita (FeS_2), calcopirita (CuFeS_2), pirrotita (FeS), etc.... que se encuentran en pequeñas cantidades en todos los sectores, con la excepción de Folía. En Antoñica la presencia de covelita (CuS) y cobre nativo hacen que se incremente el contenido de este elemento en este sector. La parte no metalífera en el yacimiento, está representada por minerales de piroxenos. Se encuentran presentes otros minerales como anfíboles ($\text{Fe}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$), cuarzo (SiO_2), epidota ($\text{Ca}_2(\text{Fe}_3^+, \text{Al})(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$), clorita ($(\text{Fe}_2^+, \text{Mg}, \text{Fe}^{3+})_5\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{O})_8$).

Tabla II. Composición química del yacimiento Hierro Santiago distribuido por sectores (%). [2, 3 y 4]

Elementos y Óxidos	La Grande	Chiquita	Folía	Concordia	Antoñica	Chicharrones	El Descanso	Yuca
Fe _{Total}	41,600	40,200	35,300	40,220	42,240	54,180	62,900	60,640
FeO	13,100	7,750	14,440	17,370	12,750	21,300	23,500	11,330
Fe ₂ O ₃	47,300	48,900	45,600	38,110	46,160	n.d.*	n.d.	49,310
SiO ₂	18,600	21,900	25,600	19,350	25,790	7,340	7,100	17,730
Al ₂ O ₃	3,710	1,620	0,800	0,700	1,130	1,400	0,400	0,500
Cr ₂ O ₃	TRAZAS	0,100	0,010	0,010	0,020	1,890	0,240	n.d.
P ₂ O ₅	0,790	0,050	0,040	0,050	0,002	0,01	0,01	n.d.
V ₂ O ₅	0,050	0,010	0,010	0,005	0,001	n.d.	n.d.	n.d.
MnO	0,800	0,600	0,640	0,400	0,410	0,110	0,340	n.d.
TiO ₂	0,170	0,150	0,060	0,260	0,005	n.d.	n.d.	n.d.
K ₂ O	0,290	0,250	0,130	0,170	0,170	n.d.	n.d.	n.d.
Na ₂ O	0,120	0,100	0,100	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BaO	TRAZAS	0,100	0,110	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
CaO	8,100	14,610	21,400	1,210	5,200	1,500	1,380	0,370
MgO	7,190	2,260	2,850	2,540	1,030	4,200	3,850	0,120
NiO	0,015	0,006	0,006	0,000	0,029	0,200	0,030	n.d.
CoO	0,024	0,006	0,006	0,340	TRAZAS	0,010	n.d.	n.d.
Cu ₂ O	0,022	0,090	0,045	0,050	0,280	0,010	0,200	n.d.
S	0,026	0,120	0,060	0,110	0,700	0,030	0,640	n.d.
P.P.I.	1,200	1,000	0,840	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d.*: no determinado

1.3. Composición granulométrica

Las composiciones granulométricas de las muestras estudiadas están representadas en las figuras 1, 2, 3, 4; y en las tablas III, IV, V, VI se pueden observar los contenidos (b) y las distribuciones (x) del hierro según las clases granulométricas.

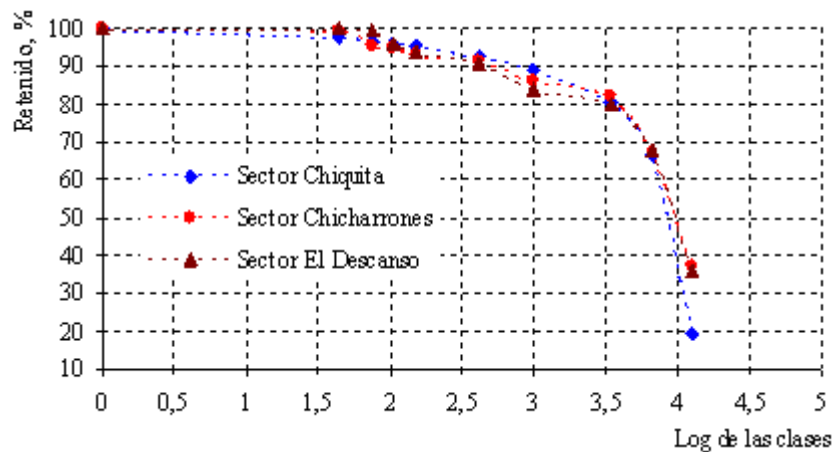


Fig. 1. Características de grosor de los sectores Chiquita, Chicharrones y El Descanso. [4]

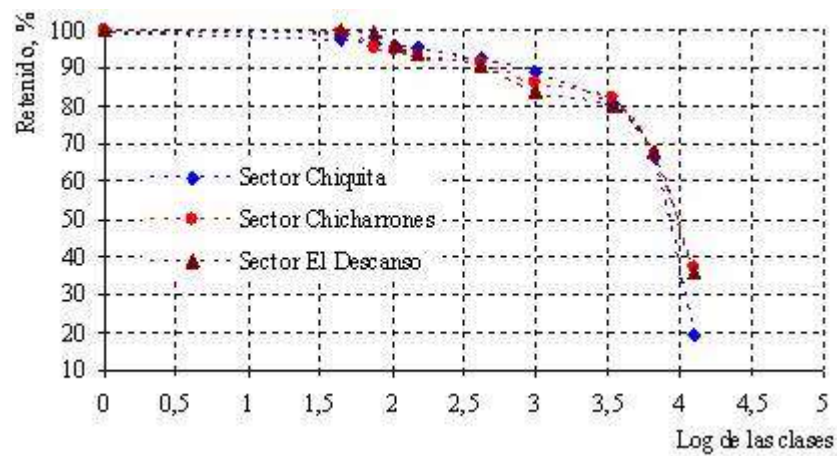


Fig. 2. Características de grosor del sector La Grande. [5]

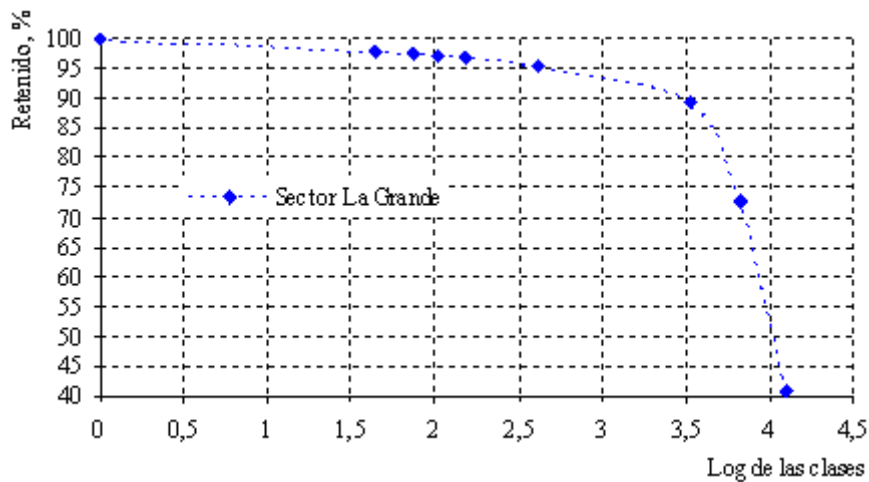


Fig. 3. Características de grosor de los sectores Concordia y Antónica. [8 y 9]

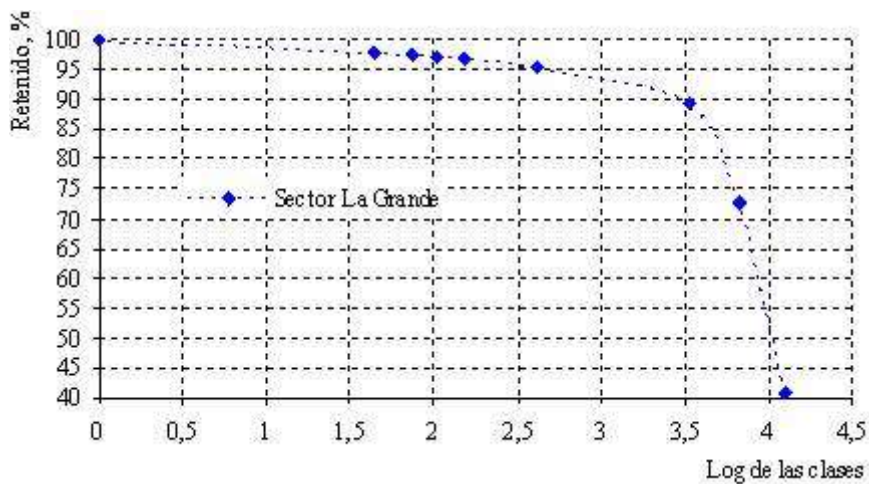


Fig. 4. Características de grosor del sector Yuca. [2]

Tabla III. Contenido y distribución de hierro de los sectores Chiquita, Chicharrones y El Descanso (%). [4]

Fracción (mm)	Chiquita		Chicharrones		El Descanso	
	Cont. de Fe	Dist. en Fe	Cont. de Fe	Dist. en Fe	Cont. de Fe	Dist. en Fe
-15000 +12700	33,800	17,720	52,500	35,810	59,000	34,860
-12700 +6700	37,530	49,000	55,200	30,780	59,200	31,100
-6700 +3360	35,200	13,210	53,810	14,790	59,800	11,800
-3360 +1000	35,400	8,700	54,100	4,210	66,010	4,420
-1000 +420	37,700	3,510	55,600	4,990	66,220	7,640
-420 +150	41,700	3,050	57,400	2,040	67,160	3,010
-150 +105	44,500	0,830	58,300	1,500	67,330	2,630
-105 +75	43,600	0,890	58,800	0,560	67,270	3,880
-75 +44	41,800	0,910	59,200	4,750	68,420	0,400
-44 +0	31,450	2,180	59,400	0,570	66,980	0,260
Total	36,400	100	54,267	100	60,707	100

Tabla IV. Contenido y distribución de hierro de los sectores Concordia y Antoñica (%). [8 y 9]

Fracción (mm)	Concordia		Antoñica	
	Cont. de Fe	Dist. en Fe	Cont. de Fe	Dist. en Fe
-12700 +6700	36,000	51,200	32,000	36,970
-6700 +3360	37,200	21,670	34,300	28,980
-3360 +1000	37,400	9,310	33,100	16,500
-1000 +500	43,800	4,400	31,800	3,830
-500 +200	45,200	4,540	31,500	4,220
-200 +105	48,200	1,420	32,000	0,930
-105 +75	48,500	3,000	35,700	2,740
-75 +44	49,800	1,730	35,200	1,710
-44 +0	46,350	2,730	33,900	4,120
Total	37,886	100	33,014	100

Tabla V. Contenido y distribución de hierro del sector La Grande (%). [5]

Fracción (mm)	La Grande	
	Cont. de Fe	Dist. en Fe
-15000 +12700	32,067	41,560
-12700 +6700	31,267	31,983
-6700 +3360	30,500	16,623
-3360 +420	32,000	5,823
-420 +150	27,133	1,340
-150 +105	25,610	0,347
-105 +75	25,733	0,273
-75 +44	25,400	0,373
-44 +0	27,167	1,677
Total	31,299	100

Tabla VI. Contenido y distribución de hierro del sector Yuca (%). [2]

Fracción (mm)	Yuca	
	Cont. de Fe	Dist. en Fe
-15000 +12700	62,200	59,485
-12700 +6700	57,900	23,151
-6700 +3360	60,000	10,697
-3360 +1680	58,400	5,027
-1680 +450	57,700	1,249
-450 +150	57,100	0,349
-150 +75	56,800	0,043
-70 +0	0	0
Total	60,640	100

Los sectores estudiados representan una reserva de miles de millones de toneladas de mineral ferrífero, con un elevado contenido (b) de hierro, y no están siendo explotados.

En base al módulo sílice/alúmina, las gangas pueden ser consideradas como silíceas. Independientemente del alto contenido de fósforo en La Grande (0,79 %) y de azufre en Antoñica (0,70 %), el yacimiento en general puede considerarse relativamente puro de elementos nocivos y responde a las exigencias siderúrgicas.

Del resultado del análisis granulométrico se observa que en todos los sectores, el rendimiento en peso (γ) decrece con la disminución del tamaño de los granos, además, el por ciento en peso de las fracciones finas es escaso, demostrando la dureza de este mineral.

La mayor distribución de hierro de estas menas se encuentra en las fracciones mayores que 3360 mm.

La composición granulométrica, el contenido y la distribución de hierro del sector Folía, no se encuentra incluida, ya que no se encontró información al respecto.

En todos los yacimientos, exceptuando el sector “Yuca” que ocurre todo lo contrario, el contenido (β) de hierro tiende a aumentar con el decrecimiento de la granulometría, en el caso del sector “Chiquita”, este contenido sufre una brusca disminución en la fracción -44 +0 mm.

No se encontró evidencia de que los sectores “El Norte” y “Arroyo de la Poza” hayan sido investigados a profundidad, pero Estupiñán Y. en [2] mostró que estos depósitos presentan un contenido (b) de Fe_{Total} mayor de 47,18 %, así como un contenido de elementos nocivos, menor de 0,47 % de S y menor de 0,05 % de P.

Conclusiones

1. El yacimiento Hierro Santiago está compuesto en algunos sectores por menas magnetíticas de cuerpos minerales únicos y compactos, pudiendo encontrar ciertos cuerpos minerales aislados. En general los cuerpos minerales se caracterizan por una composición magnetítica; la textura de la mena es diseminada, donde además de hierro se puede encontrar, cromo, níquel, cobalto, silicio, aluminio, magnesio, manganeso, cobre, vanadio, potasio, titanio, sodio, azufre y fósforo.

2. El mineral metalífero principal es la magnetita. El contenido de hierro difiere de un sector a otro. La ganga es ácida y en base al módulo sílice/alúmina puede ser considerada como silíceas.

3. En los sectores la distribución del hierro es homogénea, excepto en Folía, donde el contenido de este elemento es solo el 35,3 %. El sector La Grande presenta las mayores reservas, y El Descanso, es el que mayor contenido (b) de hierro, 62,90 %.

4. Independientemente del alto contenido de fósforo en La Grande (0,79 %) y de azufre en Antoñica (0,70 %), el yacimiento en general puede considerarse relativamente puro de elementos nocivos, respondiendo a las exigencias siderúrgicas

Referencias

- Epidota. Tomado de: <http://www.uned.es/cristamine/fichas/epidota/epidota.htm>
- Estupiñán. Y. (2002): Obtención de pre-reducidos a partir de minerales de hierro del sector Yuca de Santiago de Cuba. Trabajo de Diploma. Fondo D'SIT.
- Figueredo. O., L. L. García., C. Cubillo., O. Castaño., O. Morciego. (1989): Perspectivas de utilización de minerales magnetíticos del yacimiento Hierro Santiago en la industria siderúrgica nacional. I/89. Págs. 41 – 55.
- Figueredo. O., L. L. García., C. Cubillo., O. Castaño., O. Morciego. (1990): Beneficio por separación magnética de los minerales de los yacimientos Chiquita, Chicharrones y El Descanso, pertenecientes al grupo de yacimientos de Santiago. Boletín Siderurgia. I/90. Págs. 61 – 71.
- Figueredo O. (1990): Informe N° 1. Estudio del beneficio por separación magnética de la muestra # 3 del sector “La Grande” del yacimiento de hierro de Santiago de Cuba.
- Grupo de los anfíboles. Tomado de: http://www.uned.es/cristamine/min_descr/grupos/anfibol/anfib_gr.htm
- Grupo de las cloritas. Tomado de: http://www.uned.es/cristamine/min_descr/grupos/clorita/clorita_gr.htm
- Hernández. G., N. Gonzáles. (1989): Estudio del beneficio de la muestra tecnológica del sector Concordia del Yacimiento Hierro Santiago. Proyecto de Grado. Fondo D'SIT.
- Lovaina. Y., E. Naranjo. (1989): Estudio del beneficio de la muestra del Sector Antoñica del Yacimiento Hierro Santiago. Proyecto de Grado. Fondo D'SIT.
- Santiesteban E. (1990): Caracterización y preparación de la muestra del sector Chiquita del Yacimiento hierro Santiago de Cuba. Trabajo de Diploma. Fondo D'SIT.