

Ontención de Pelets a partir de mineral de hierro en procesos de reducción directa*

Pellets Obtained from Iron Row Material in the Direct Reduction Processes

Diana Carolina Africano Higuera*
Álvaro Forero Pinilla**

Resumen

Inicialmente se realizó la toma de muestras representativas de finos de mineral, aglomerantes y carbones motivo de estudio, para efectuar su caracterización. Paralelamente, se puso a punto el disco peletizador de los laboratorios de la Escuela de Metalurgia de la UPTC. Luego se procedió a realizar mezclas de finos de mineral, de carbón y aglomerante, con el fin de encontrar las proporciones ideales para obtener pelets de alto rendimiento, teniendo en cuenta condiciones cinéticas y termodinámicas del proceso.

El diseño experimental determinó que el número de ensayos por realizar es de 48, es decir, 3 repeticiones por cada muestra. Enseguida se realizaron ensayos para estudiar la reducibilidad de los pelets, evaluando el comportamiento de estos con cada uno de los aglomerantes una vez se ha alcanzado la temperatura de reducción. El prereducido obtenido se analizó por métodos químicos y microscópicos.

Palabras clave: Reducción, Peletización, Pelets, Aglomerante, Agente reductor.

Abstract

Initially the mineral fine grains representative's samples, binders and coals were taken to be studied and characterized. At the same time the UPTC School of Metallurgy laboratories' pelletzer disc, was set ready. Then the fine particles of mineral, coal and binder were mixed up, with the purpose to find the ideal proportions to obtain high performance's pellets, taking into account the process' kinetic and thermodynamic conditions.

The experimental design determined that the number of tests to be made were 48, that is to say 3 repetitions for each sample. Next tests were made to study the pellet's reducibility, in order to evaluate their behavior with each one of the binders, once the reduction temperature had been reached. The obtained pre-reduced product was analyzed by chemical and microscopic methods.

Key words: Reduction, Pelletization, Pellets, Binder, Reducing Agent.

* Ing. metalúrgica UPTC, correo e.: carollyne12@hotmail.com

** Ing. metalúrgico. Docente Escuela de Metalurgia UPTC. Director Grupo de Investigación de Siderurgia UPTC.

Introducción

Durante los últimos años se han desarrollado muchas mejoras en la tecnología de la reducción directa; muestra de ello es la implementación en varias empresas del uso de prerreducido en forma de pelets para el cargue de sus hornos; estas mejoras han brindado una disminución significativa de los requerimientos de combustible [1].

Muchas de las plantas de reducción directa han sido construidas cerca de las minas de mineral de hierro y también cercanas a las fuentes de combustible de bajo precio. Existe la posibilidad de que el mineral de hierro encontrado en las regiones de Ubalá (Cundinamarca) y Uvo (Boyacá), junto con carbones de la región central del país cumplan con las características necesarias para producir un material sustituto de la chatarra.

Con este trabajo se pretende estudiar los contenidos más adecuados de aglomerante para la obtención de pelets, usando como referencia los grados de metalización más altos y óptimos para el cargue de horno para la fabricación de acero.

1. Marco teórico

Reducción directa. Se define como reducción directa el proceso por el cual se produce hierro metálico por medio de la reducción del mineral de hierro, por debajo de la temperatura de fusión de cualquiera de los materiales involucrados [2-4].

El producto de la reducción directa recibe el nombre de hierro directamente reducido, conocido como hierro esponja, que se define como hierro en forma porosa; específicamente es hierro crudo obtenido sometiendo la mena de óxido a una reducción gaseosa sin fundir [5-6].

2. Diseño experimental

Para cuantificar la influencia de dos factores, cal y bentonita, sobre la reducción de hierro, se repitió tres veces el siguiente experimento factorial.

Por análisis de variancia se determina si existe

diferencia significativa en el efecto de los tratamientos y si el error experimental es despreciable.

Factores	Niveles
(A) Aglomerante	<ul style="list-style-type: none"> • Cal • Bentonita
(B) Cantidad de aglomerante	<ul style="list-style-type: none"> • 70 g • 100 g

Tabla 1: Diseño experimental

- Variable respuesta: Grado de metalización
- Variables independientes: (A) Aglomerante y (B) Cantidad de aglomerante
- Codificación de los tratamientos:

- (1) niveles bajos de los dos factores: cal 70
 (a) nivel alto de factor A y bajo de B: bentonita 70
 (b) nivel alto de factor B y bajo de A: cal 100
 (ab) niveles altos de los dos factores: bentonita 100

Ø Uvo, antracita

En la tabla 2 se encuentra la tabulación de los datos de grados de metalización correspondientes a cada una de las pruebas realizadas con el mineral de hierro proveniente de la mina de Uvo y antracita como agente reductor.

Repeti- ciones	(1)	(a)	(b)	(ab)	Totales
I	61.12	80.02	70.93	83.59	295.66
II	59.85	78.52	72.48	88.12	298.97
III	61.48	71.92	70.71	89.04	293.15
Media	60.82	76.82	71.38	86.92	295.93
Total	182.45	230.46	214.12	260.75	887.78

Tabla 2: Cuadro de resultados.

Ø Ubalá, antracita

En la tabla 3 se encuentra la tabulación de los datos de grados de metalización correspondientes a cada

una de las pruebas realizadas con el mineral de hierro de la población de Ubalá y antracita como agente reductor.

Repeti- ciones	(1)	(a)	(b)	(ab)	Totales
I	51.12	75.94	68.27	84.82	280.15
II	54.81	80.12	65.49	87.12	287.54
III	51.96	77.03	64.88	79.9	273.82
Media	52.63	77.69	66.21	83.97	280.50
Total	187.9	233.09	198.64	252	841.51

Tabla 3: Cuadro de resultados.

Ø Uvo, Tópaga

En la tabla 4 se encuentra la tabulación de los datos de grados de metalización correspondientes a cada una de las pruebas realizadas con el mineral de hierro de la mina de Uvo y actuando como agente reductor el carbón del municipio de Tópaga (Boyacá).

Repeti- ciones	(1)	(a)	(b)	(ab)	Totales
I	60.93	79.93	77.84	95.60	314.3
II	68.45	80.71	80.05	88.32	317.53
III	70.02	85.17	79.95	92.05	327.19
Media	66.46	81.94	79.28	91.99	319.67
Total	199.4	245.81	237.84	275.97	959.02

Tabla 4: Cuadro de resultados.

Ø Ubalá, Tópaga

En la tabla 5 se encuentra la tabulación de los datos de grados de metalización correspondientes a cada una de las pruebas realizadas con el mineral de hierro del municipio de Ubalá y carbón de Tópaga como agente reductor.

Repeti- ciones	(1)	(a)	(b)	(ab)	Totales
I	58.93	62.97	75.26	72.62	269.78
II	60.03	51.06	79.38	81.45	271.92
III	58.48	57.14	76.32	83.29	275.23
Media	59.15	57.06	76.99	79.12	272.31
Total	177.44	171.17	230.96	237.36	816.93

Tabla 5: Cuadro de resultados.

3. Análisis microscópico

En la foto 1 se aprecia una matriz formada por Hematita, dentro de la cual se hallan dispersos nódulos de silicato aluminoso más rico en Fe y granos de sílice.

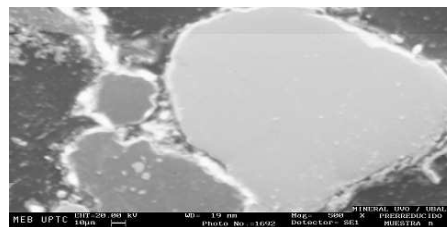


Foto 1: Micrografía de la prueba 4

Fuente: MEB. Laboratorio de microscopía UPTC.

La composición general de la muestra 4 (tabla 4) se muestra en la tabla 6.

Label	Range (keV)	Gross	Net	% total
AlKa	1.388 to 1.587	933	262	1.5
SiKa	1.648 to 1.847	995	82	0.5
PKa	1.908 to 2.108	1249	237	1.4
SKa	2.207 to 2.408	815	56	0.3
ClKa	2.507 to 2.727	1070	92	0.5
CaKa	3.568 to 3.807	1001	33	0.2
MnKa	5.767 to 6.048	571	54	0.3
FeKa	6.267 to 6.548	22191	16484	95.3

Tabla 6: Composición química de la prueba 4

Fuente: MEB UPTC.

Luego de analizar cada una de las composiciones y espectrogramas realizados a muestras significativas por medio del Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), se hace notoria la reducción en la prueba 4, ya que se muestra un porcentaje de hierro mayor que en las demás pruebas; además de verse en mayor proporción nódulos de silicato aluminoso más rico en hierro en la micrografía.

4. Resultados

En las figuras 1, 2, 3 y 4 se muestra el grado de metalización alcanzado cuando se emplean 70 y 100 g de bentonita y 70 y 100 g de cal como aglomerantes en Procesos de Reducción Directa.

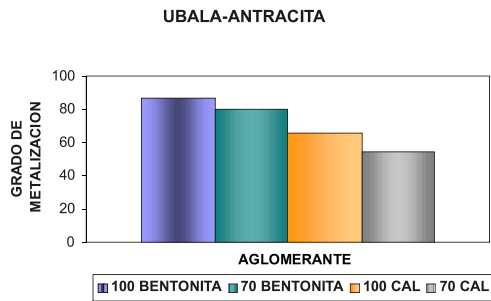


Figura 1: Diagrama de barras comparativo.

En la figura 1 se observa que es mayor el grado de metalización utilizando como aglomerante bentonita en una proporción de 100 g, seguido de 70 g de bentonita, 100 g de cal y 70 g de cal.

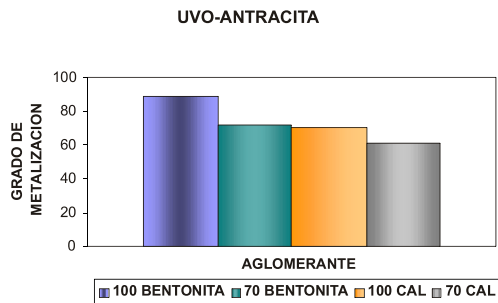


Figura 2: Diagrama de barras comparativo.

En el diagrama anterior son muy cercanos los porcentajes de grado de metalización utilizando 70 g

de bentonita como aglomerante y 100 g de cal, sin embargo, es mayor el porcentaje utilizando 100 g de bentonita.

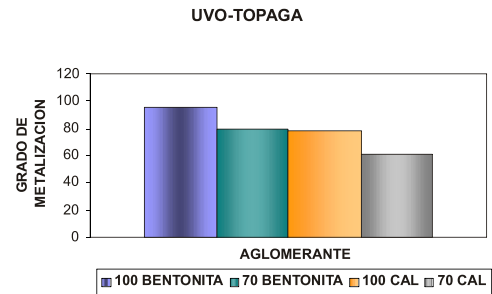


Figura 3: Diagrama de barras comparativo.

En la figura 3 se hace notorio el alto porcentaje de grado de metalización debido a la utilización de carbón de Tópaga como agente reductor y una cantidad de 100 g de bentonita como aglomerante.

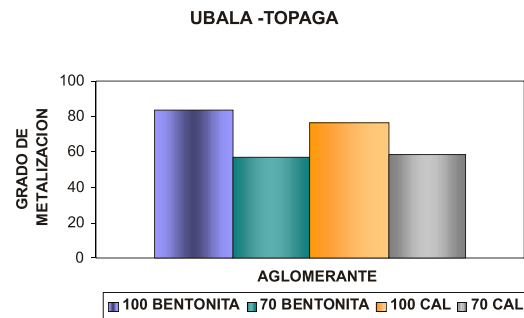


Figura 4: Diagrama de barras comparativo.

En la figura 4 se muestra que el mayor porcentaje de grado de metalización es el obtenido utilizando como aglomerante la bentonita en una cantidad de 100 g, seguido de la utilización de 100 g de cal.

5. Conclusiones

5.1 En la caracterización química realizada tanto a los finos de mineral de hierro como a los aglomerantes y agente reductor se hizo notable su capacidad para ser utilizados en procesos de reducción.

5.2 Al realizar ajustes al disco peletizador, como la instalación de una nueva tolva de forma cónica y un sistema de goteo de agua, fue posible mejorar

el proceso de peletización y hacerlo óptimo para la realización de los ensayos pertinentes para este proyecto y en general para el uso de los estudiantes de la Escuela de Metalurgia.

5.3 De acuerdo con los grados de metalización obtenidos en el prerreducido se puede afirmar que el aglomerante que mejores resultados brinda es la bentonita en una proporción de 100 g, ya que proporciona al pelet mayor plasticidad y resistencia en húmedo y seco.

5.4 Al analizar los resultados obtenidos tanto por absorción atómica y volumetría como por microscopía electrónica de barrido, se puede indicar que es posible aumentar el porcentaje de hierro del mineral de Ubalá de un 56,50% a un 83,29% en forma de prerreducido, y en el mineral de Uvo se aumentó de 46,40% a 95,60% en prerreducido.

5.5 Con la realización y análisis del diseño experimental se puede afirmar que la efectividad del proceso de Reducción Directa se dio con la utilización de finos de mineral de hierro de Uvo, carbón de Tópaga y una cantidad de 100 g de bentonita.

5.6 Al realizar el análisis de variancia, específicamente los valores de coeficiente, se puede afirmar que el efecto más notable es el del

factor A, es decir, el tipo de aglomerante que se utiliza, debido a que es el valor más cercano al F tabulado dado por el diseño experimental.

6. Referencias

- [1] Wang S, Gudenau W, y Senk D. (2003): *Comportamiento de la reducción y cambio de volumen de pelets con desechos industriales y carbón como medios de reducción*, Aachen.
- [2] Grupo de Siderurgia UPTC (2003): *Informe proyecto: Diseño y construcción de un horno rotatorio a nivel de planta piloto para la obtención de prerreducido a partir de minerales de hierro nacionales, en Acerías Paz del Río S.A.* Colciencias, Tunja.
- [3] Aguirre F. y Barbis R. (1974): *La reducción directa de los minerales de hierro y su aplicación en América Latina*. Bogotá: ILAFA., pp. 185-190.
- [4] Leiva, C. (1997): *Minerales de hierro y producción internacional del uso de prerreducido*. Venezuela: OPCO.
- [5] López, A. (1996): *Empleo de los carbones de Boyacá en los procesos de reducción directa de minerales de hierro*. Tunja: UPTC.
- [6] Barón Y. y Pérez S.: *Puesta a punto de un horno rotatorio a nivel industrial para la producción de hierro*. Tunja: UPTC.

Fecha de recepción: 5 de junio de 2006

Fecha de aprobación: 5 de julio de 2006

