

EFFECTO DE LA VARIACIÓN DEL AGLUTINANTE EN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE POLVOS DE CARBÓN TÉRMICO

N. Y. Bautista-Ch ⁽¹⁾, J. H. Bautista-Ruiz ⁽²⁾, E. González ⁽¹⁾, G. Peña-Rodríguez ⁽²⁾

(1) Grupo de Investigación en Carbones y Carboquímica. Escuela de Física, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, COLOMBIA.

(2) Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica, Departamento de Física, Universidad Francisco de Paula Santander, COLOMBIA.

E-mail: nilbaufisica@Gmail.com

RESUMEN

En el presente trabajo se estudió la conductividad eléctrica, de polvos de carbón térmico, de algunos yacimientos carboníferos del departamento de Norte de Santander, en función de la variación del porcentaje de aglutinante introducido a base de agua que se varió entre 0 y 30% en peso. Se tomaron muestras de los polvos de carbón de las minas: “La Milenita”, “Salazar”, “Las Dalías” y “Cerro Tasajero”, yacimientos que se ubican dentro del área metropolitana de San José de Cúcuta. También se determinó la composición maceral y análisis próximo de los carbones bajo las normas A.S.T.M. Se midió la conductividad eléctrica a un tamaño de grano y con diferentes porcentajes de humedad. La medición de la conductividad eléctrica se obtuvo por el método de las 4 puntas.

Tópico 4: Materiales Cerámicos

Palabras clave: Carbón, Caracterización de carbones, Conductividad Eléctrica.

1. INTRODUCCIÓN

Colombia es un país con grandes reservas de carbón de alta calidad suficientes para abastecer el mercado interno y externo. Uno de los principales proveedores de carbón es el departamento de Norte de Santander, donde la tercera parte de dichas reservas corresponde a carbones térmicos, con yacimientos en los municipios de Zulia, Cúcuta, Tasajero y Toledo en mayor proporción. El carbón se utiliza principalmente en la industria de producción cerámica y termoeléctrica. [1]

El carbón como roca sedimentaria es una mezcla muy compleja de constituyentes orgánicos e inorgánicos presentes en diferentes fases íntimamente mezcladas. Este tipo de materia mineral es el origen de numerosos problemas de tipo tecnológico, produciendo corrosión, formación de escorias, depósitos, acumulación de cenizas, etc, además de contribuir de forma negativa en el medio ambiente debido a la presencia de Azufre, la emisión de soluciones ácidas o alcalinas, entre otros.[2] El propósito de este trabajo es la descripción de la determinación del análisis próximo y tecnológico y el estudio de la ley de Ohm y conductividad eléctrica para diferentes minas pertenecientes a la zona metropolitana de San José de Cúcuta, a diferentes porcentajes de humedad y un solo tamaño de grano.

1.1 El Carbón Mineral

El carbón es un combustible sólido de color negro, formado principalmente por carbono y otros elementos como Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Potasio, Aluminio, Silicio, Azufre, que forman parte de las materias volátiles y residuos en forma de cenizas, cuando se someten a combustión. [3]

Existen diferentes formas de clasificación ya sea por su contenido de Carbono e Hidrogeno (*Regnault*), la cantidad de materias volátiles (*Gruner*), el aspecto del coque (*Seyler*), [4] sin embargo, hoy en día una de las formas más generales de clasificación la presentan las normas Americanas A.S.T.M. (*American Section of the International Association for Testing Materials*) las cuales lo clasifican de acuerdo a parámetros tales como la

humedad, la cantidad de carbono fijo, las materias volátiles y la cantidad de cenizas presentes, a lo que se le conoce como el análisis próximo.[5]

Dentro de las normas A. S. T. M. se puede clasificar el carbón de acuerdo a rangos o categorías, dependiendo del análisis próximo siendo clasificados desde la Turba que es la menos evolucionada, la hulla, el lignito, los carbones sub-bituminosos y bituminosos, la antracita y por último el grafito. Existe otro tipo de análisis realizados con fines comerciales e industriales en donde se incluye la determinación del poder calorífico y el azufre, esto equivale a los análisis próximos completos. [6]

1.2 Análisis Próximo y Tecnológico

Uno de los primeros parámetros a estudiar es la cantidad de humedad total que se realiza a los carbones tal cual se encuentran en la naturaleza, en el momento, y en las condiciones que se presente. Las materias volátiles son desprendimientos gaseosos de la materia orgánica durante el calentamiento exigido por la norma. A medida que el carbón se calienta, se desprenden productos gaseosos y líquidos. El carbono fijo es la parte que no es volátil y que quema en estado sólido. Se encuentra en el residuo de coque que queda en el crisol luego de determinadas las materias volátiles. Si a este residuo se le restan las cenizas se obtiene el carbono fijo, por lo que generalmente el porcentaje de carbono fijo no se obtiene pesando el residuo, sino por diferencia una vez conocidas la humedad, las cenizas y las materias volátiles. Las cenizas de un carbón son un producto de la combustión, es decir un residuo de la calcinación a 750°C (ASTM) de minerales y sales existentes en el carbón [7].

El poder calorífico representa la energía de combustión del carbono e hidrógeno en la fracción orgánica, depende de la proporción y calidad de la fracción orgánica; que se ve reducida en todos los rangos por el porcentaje de humedad y ceniza. Este parámetro es el más importante a tener en cuenta en los carbones térmicos y especialmente en los contratos de compra venta. El azufre se encuentra en los carbones en proporciones variables desde 0,1 hasta 10%. Es una de las impurezas más preocupantes y problemáticas, considerándosele en el segundo lugar después de las cenizas [7].

1.3 Conductividad eléctrica.

Según la ley de Ohm, la diferencia de potencial o el Voltaje medido en un conductor es proporcional a la corriente que por este circula en un factor al que se le conoce como “resistencia eléctrica”. Si se somete un material a un campo eléctrico, este tiende a generar una densidad de corriente, en dirección opuesta del campo, a esta relación se le conoce como la conductividad del material. [8]

Si se considera un alambre recto de área A y longitud l sometido a una diferencia de potencial constante creando una corriente I y un campo eléctrico, se obtiene una relación entre el voltaje y el campo y expresando la densidad de corriente en función de la diferencia de potencial se tiene:

$$J = \sigma E = \sigma \frac{V}{l} \quad (1)$$

Donde σ es la conductividad eléctrica. Debido a que la corriente que circula por unidad de área es igual a (J) , se puede encontrar una expresión que relaciona explícitamente la resistencia eléctrica del material y su conductividad eléctrica: [8]

$$\sigma = \frac{V}{I} = \frac{l}{RA} \quad (2)$$

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para el desarrollo del trabajo se utilizó carbón de las minas “Salazar”, “Las Dalías”, “Cerrotrasajero” y “la milenita”, ubicadas en el departamento de norte de Santander, el cual se trituró a diferentes granulometrías identificadas por los tamices # 30 y #60 (A.S.T.M E11/95, E-323, D-410). Con la malla #60 se determinó el análisis próximo y el poder calorífico. Tabla 1.

Posteriormente, para el otro tamaño de grano se le realizó pruebas de ley de ohm para concentraciones de humedad del 5, 15 y 25 % respectivamente. Figuras 2., 3. Por último se realizaron pruebas de conductividad eléctrica para concentraciones de agua entre 5% hasta un 30% de acuerdo al peso de la muestra. Tabla 2.

Se utilizaron equipos como una fuente de corriente directa variable entre 0-30 v, una caja de Müller, dos multímetros, una resistencia de prueba de $1M\Omega$, una balanza, agua destilada y cables o conectores. La recolección de los datos se realizó de acuerdo a la siguiente figura:



Figura 1. Montaje experimental.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron muestras de carbón de las minas “La Milenita” y “Salazar” ubicadas en el departamento de Norte de Santander. Se realizó el muestreo y los análisis próximo y tecnológico bajo las normas: A.S.T.M. D-2013 (Muestreo mecánico), D-3302 (determinación de humedad), D-3172 (carbono fijo), D-3175 (materia volátil), D-3174 (cenizas), D-3177 (porcentaje de azufre), D-3286 (poder calorífico), como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis próximo y tecnológico de las minas.

Análisis próximo y tecnológico general				
Variable	La milenita	Salazar	Las dalias	Cerrotasajero
Humedad	0,56 %	0,69 %	1,42 %	0,44 %
Ceniza	4,91 %	5,77 %	7,65 %	1,74 %
Materia volátil	41,39 %	38,55 %	39,69 %	34,02 %
Carbono fijo	53,14 %	54,99 %	51,24 %	63,80 %
Azufre	0,69 %	0,72 %	0,83 %	0,44 %
Poder calorífico	7722 Cal/g	7282 Cal/g	7300 Cal/g	8368 Cal/g
Índice hinchamiento	2	4	3	5 1/2

Para determinar de la ley de Ohm y conductividad eléctrica se trabajó con una caja de Müller con el fin de mantener constante la geometría de la muestra, también se utilizó una resistencia de prueba de $1M\Omega$ para poder controlar la corriente en el circuito. En la Figura 2., se puede observar el comportamiento eléctrico de los carbones de las cuatro minas, frente a la humedad; en donde se observa un comportamiento de tipo lineal entre V vs I para todos los casos, donde la pendiente es una medida de la conductividad (afectada por la geometría de la caja).

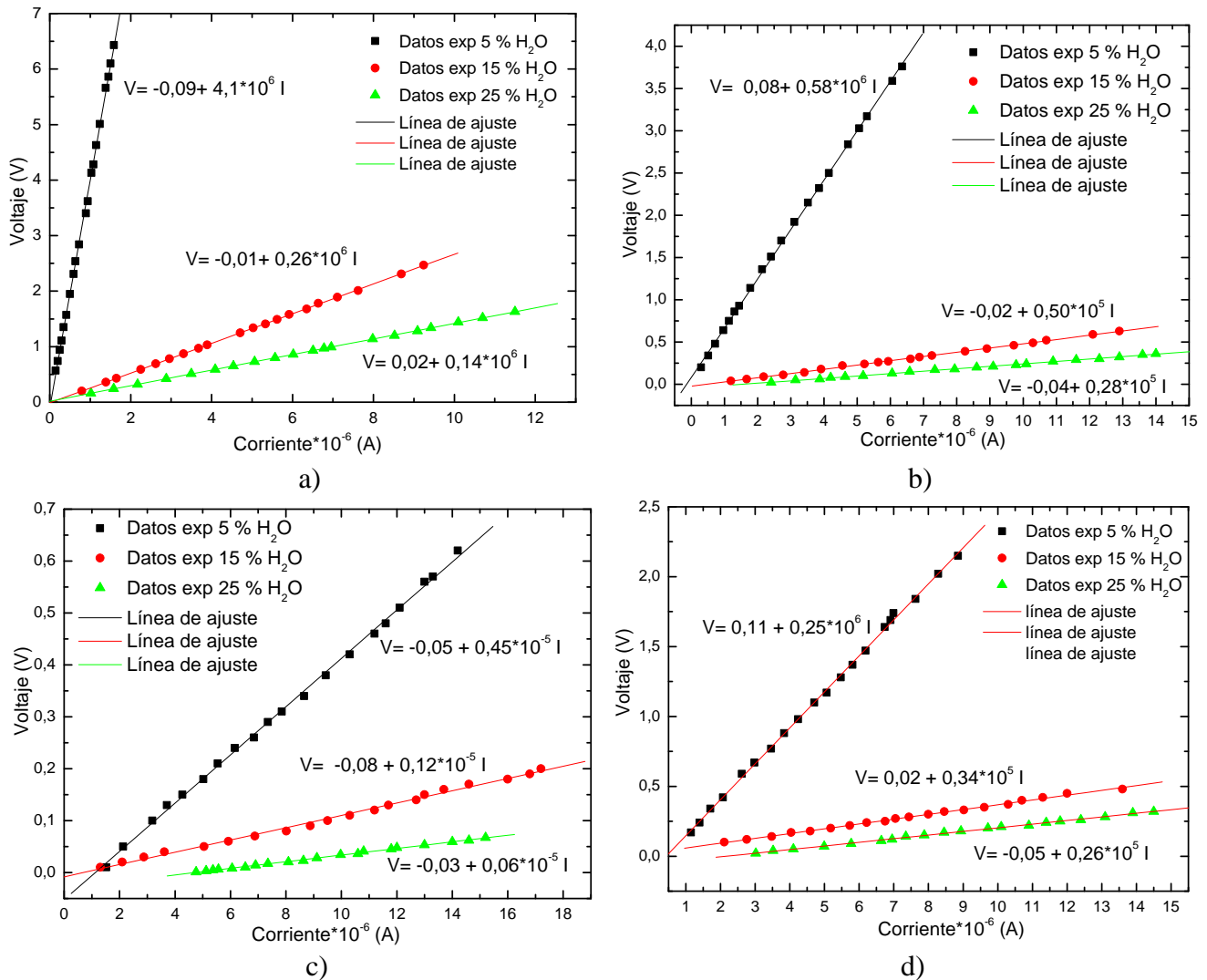


Figura 2. Conductividad eléctrica para las minas: a) La Milenita, b) Cerrotasajero, c) Las Dalias y e) Salazar

A medida que aumenta la humedad en la muestra se genera un aumento en la conductividad eléctrica, esto se ve evidenciado debido a la disminución de la pendiente, la cual representa la resistencia del material y tiene relación con la conductividad de acuerdo a la ecuación (2). Para todos los casos se observa que existe un salto en la pendiente cuando cambia la humedad del 5 % al 15 % y posteriormente dicho salto disminuye significativamente, comparado con el anterior.

En la Figura 3. se observa la obtención de la conductividad eléctrica de las minas utilizadas para una concentración determinada. Se tiene que para todos los casos de humedad, la mina más resistiva y por tanto menos conductora es La Milenita la cual presenta valores de resistencia de 4,1 MΩ, 0,27MΩ, 0,14MΩ para concentraciones del 5%,15% y 25% respectivamente; y la muestra más conductora es la extraída de la mina Las Dalias con valores de resistencia de 0,05 MΩ, 0,002 MΩ y 6,4 kΩ para sus respectivas concentraciones 5%,15% y 25%. Las demás muestras se encuentran dentro de este rango de conducción. También se puede apreciar que hay un salto grande en la pendiente cuando la humedad cambia de 5% al 15% entre la mina La Milenita y Cerrotasajero. Para la primera concentración las pendientes están más o menos separadas entre sí, y para las otras dos concentraciones este comportamiento ya no se mantiene.

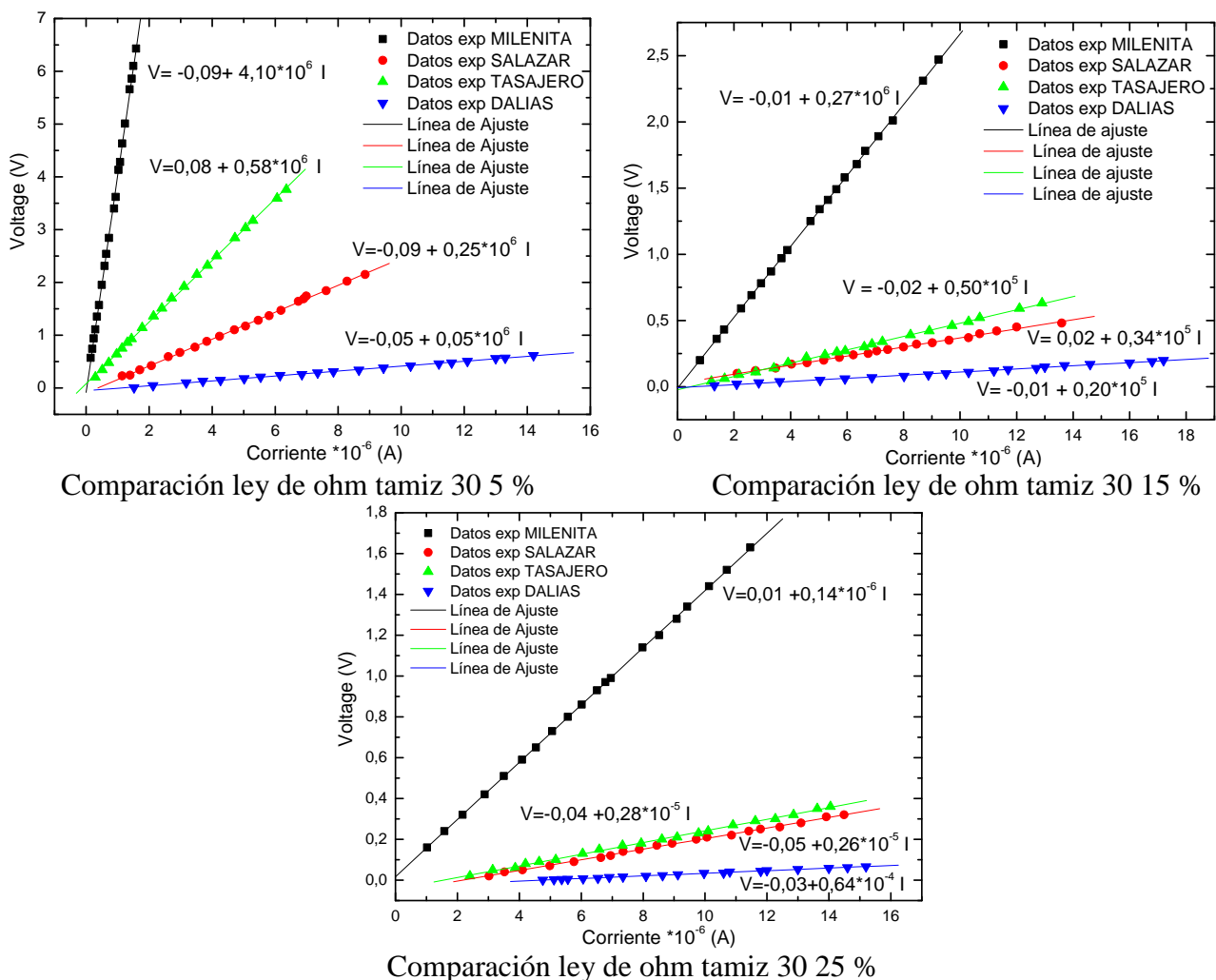


Figura 3. Comparación de la conductividad eléctrica para las cuatro minas utilizadas, para concentraciones de humedad de: a) 5 %, b) 15 %, y c) 25 %

Al observar la Tabla 1. se encuentra una diferencia en el análisis próximo para parámetros de humedad y cenizas, donde la mina Las Dalias posee mayor cantidad de sustancias comparada con la mina La Milenita, aunque la mina Cerrotasajero es la que tiene menor cantidad de cenizas, posee mejor poder calorífico que las demás minas lo cual genera un balance energético. Debido a que en las cenizas se pueden presentar elementos como Aluminio Silicio y otros elementos en especial metálicos, estos ayudan dentro del proceso de conducción eléctrica significativamente, por lo cual se presenta la diferencia de conducción entre las dos minas. Por ultimo se realizaron medidas para determinar la conductividad eléctrica de cada mina en función del porcentaje de humedad, comparándose entre si, como se observa en la Tabla 2. en donde se puede observar el incremento en la conductividad a medida que se humedece la muestra.

Tabla 1. Conductividad eléctrica de las minas La Milenita, Salazar y Cerrotasajero en función del porcentaje de agua.

% H ₂ O	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30
$\sigma \cdot 10^{-6}$ (Ω /cm)	0,42	3,93	5,31	5,93	6,30	8,36	9,74	1,07	1,20	1,51	1,58

$\sigma \cdot 10^{-5}$ (Ω /cm)	0,71	1,81	2,95	4,05	5,11	5,52	5,57	7,65	8,06	9,94	11,0
$\sigma \cdot 10^{-5}$ (Ω /cm)	0,29	1,41	2,13	3,03	3,50	4,74	5,02	6,38	6,94	6,47	10,3

4. CONCLUSIONES

- ° El proceso de conducción eléctrica presenta un comportamiento de tipo lineal en el cual se tiene un aumento en la conductividad eléctrica a medida que incrementa la humedad.
- ° Existe una relación entre el análisis próximo realizado y la conductividad eléctrica debido al aporte en la conducción de las cenizas por la presencia de elementos en su mayoría conductores.

REFERENCIAS

1. O. Valbuena Prada. "Propuesta para estudiar el efecto de la distribución de tamaño de partícula en la conductividad térmica de polvos de carbón usados en la elaboración de combustibles tipo CCTA". Universidad Francisco de Paula Santander 2007. (*Tesis*).
2. Juan M. D. Tascón, Y. Stanislav V. Vassilev. "La material mineral del carbón: métodos de caracterización"; Memorias V Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Carbón. (*paper*)
3. Greenpace. "Carbón: Combustible para el cambio climático". Proyecto central térmica Río Turbio. 3º Edición. 2009. (*libro*)
4. D. J. W. Kreulen. "Elementos de química del carbón", 1948, Alameda, p.19. (*Libro*)
5. http://www.astm.org/FAQ/whatisastmspanish_answers.html (consultado 08 febrero 2010).
6. Rodrigo, p. Aquiles s. Thomas l. Leonel n. Alejandro z. y Cristian R. "Nuevos métodos de fabricación mediante tecnología de polvos" IV Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica. CIDIM. Chile, 1999. (*Libro*)
7. <http://www.astm.org/> (consultado 10 febrero 2010).