

# CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE CARBÓN PARA POSIBLE USO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

## CHARACTERIZATION OF COAL RESIDUES FOR POSSIBLE USE AS CONSTRUCTION MATERIAL

Felipe Alba<sup>1</sup>  
Juan Sebastian Medina<sup>1</sup>  
Carol Juliana Ramirez<sup>1</sup>  
Efraín Casadiego<sup>2</sup>

### RESUMEN

El objetivo de esta investigación es mostrar las posibles capacidades que podrían tener los desechos que dejan la explotación de minas de carbón, esto con el fin de reducir la presión ejercida al medio ambiente. En el caso específico de esta investigación, se quiere llegar a utilizar estos desechos para la elaboración de asfalto y utilizarlo en ciertas zonas de Colombia con difícil acceso por la complejidad del terreno y costos de construcción.

Se analizaron los estudios realizados en una planta térmica de energía ubicada en Nueva Delhi, India, esta produce unos desechos de carbón los cuales son almacenados sin darles ningún uso y convirtiéndolos en un riesgo ambiental para la zona. Entre los ensayos que se realizaron, se crearon capas flexibles de pavimento dando unos resultados favorables en ciertas condiciones.

**Palabras claves:** carbón, residuos, minería, pavimento.

### ABSTRACT

The objective of this research is to show the possible capacities that the waste left by the exploitation of coal mines could have, this in order to reduce the pressure exerted on the environment. In the specific case of this research, the aim is to use this waste for the production of asphalt and to use it in certain areas of Colombia that are difficult to access due to the complexity of the terrain and construction costs.

<sup>1</sup> Estudiantes del Semillero de investigación en ingeniería civil y fenómenos Ambientales SEMICFA del programa de Ingeniería Civil de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia.

<sup>2</sup> Líder Semillero de Investigación en ingeniería civil y fenómenos ambientales SEMICFA del programa de ingeniería civil. Contacto: [casadiego.efrain@uniagraria.edu.co](mailto:casadiego.efrain@uniagraria.edu.co)

The studies carried out in a thermal power plant located in New Delhi, India, were analyzed. This plant produces coal waste which is stored without any use and thus, turning it into an environmental risk for the area. Among the tests that were carried out, flexible pavement layers were created, giving favorable results in certain conditions

**Keywords:** Coal, waste, mining, pavement

## INTRODUCCIÓN

La falta de conciencia ambiental por parte de algunas personas nos ha llevado, en los últimos años, a pensar en la optimización de los recursos y en el uso de los desechos que dejan prácticas como la explotación minera. Esto, ya que a pesar de que la minería es necesaria para la humanidad, puesto que ella nos proporciona recursos energéticos muy necesarios para las comunidades, la falta de ética por parte de las empresas hace que sea una práctica no muy bien aceptada por la sociedad. Más aun, en un país como Colombia el cual es identificado por ser el país de América Latina con mayores reservas de carbón. La explotación de este mineral representa el 47 % de la actividad minera en el país, alcanzando el 1 % del producto interno bruto, asimismo es una fuente generadora de divisas y empleo (UPME, 2005). El 90 % de la extracción de este mineral se realiza en los departamentos del Cesar y La Guajira, donde se encuentran las principales empresas como Drummond, Xtrata o BHP- Billiton, el porcentaje restante de la extracción se realiza en zonas de Córdoba, Cundinamarca, Boyacá, Santander, Norte de Santander, Antioquia y Valle del Cauca (ANM, 2013).

Sin embargo, la extracción de este mineral genera impactos irreversibles en el medio ambiente, debido a que no el cien por ciento del material extraído es aprovechable y comercializado, sino que muchas veces es desechado de manera inadecuada, generando problemas como la esterilización del suelo, la contaminación

de las fuentes de agua y el incremento de partículas en el aire, afectando la salud y calidad de vida de los habitantes aledaños al sector donde se realiza el proceso de extracción.

La disposición inadecuada de los residuos inertes genera graves afectaciones en la fauna, la flora y en el ser humano, generando una gran contaminación en el aire pues pequeñas partículas del mineral son emitidas a la atmosfera que, a su vez, tienen graves efectos en la salud de las personas. Este material articulado, al viajar por la atmosfera, entra en contacto con cuerpos de agua afectando las fuentes hídricas y causando daños en el subsuelo, lo que desencadena problemas de fertilidad y pérdida de nutrientes en el suelo.

## EL CARBÓN COMO MINERAL APROVECHABLE

El carbón es un mineral el cual está compuesto principalmente por carbono, hidrogeno, nitrógeno, oxígeno y azufre, originándose en las transformaciones físicas y químicas de grandes acumulaciones vegetales depositadas en ambientes palustres (pantanos), lagunares o deltaicos. Una de las clasificaciones más aceptadas para el carbón corresponde a la *American Society for Testing and Materials* (ASTMD-388- 777), quien lo divide en cuatro clases según las propiedades referidas a la composición de los vegetales y las condiciones de presión y temperatura a que fueron sometidas durante su formación (UPME, 2005) (tabla 1).

**Tabla 1.**

Clasificación de los carbones

Tipo	Carbono fijo (%)	Material volátil (%)	Contenido humedad (%)	Poder calorífico (Btu/lb)	Poder Calorífico (MJ/kg)	Poder Calorífico (kcal/kg)
Antracita	86-98	1	<15	>14.000	>32,6	>7.780
Bituminoso	45-86	32	15-20	10.500 –	24.5 –	5.800 –
				14.000	32,6	7.780
Subbituminoso	35-45	50	20-30	7.800 –	18.2 –	4.300 –
				10.500	24,5	7.780
Lignito y Turba	25-35	96	> 30	4.000 –	9.3 – 18.2	2.200 –
				7.800		4.300

(Fuente: Tomado de UPME, 2005)

**Antracita:** es también conocido como carbón duro, con un contenido elevado de carbono y un gran poder calorífico, por lo cual es usado como combustible en generación de calor o vapor en la industria térmica y siderúrgica, también se puede usar en la fabricación de goma sintética, colorantes y filtros para purificación de agua.

**Bituminoso:** posee un menor contenido de carbono y menor poder calorífico, se conoce como carbón coquizable, el cual es usado en procesos de obtención del acero y carbones térmicos usados en la producción de vapor para la generación de energía.

**Subbituminoso:** contiene un menor poder calorífico que los bituminosos, es empleado en la generación de energía eléctrica y en procesos industriales.

**Lignito y turba:** son carbones con alta humedad y alto contenido de ceniza y de materia volátil, por lo que tienen un bajo poder calorífico. Son usados para la generación de calefacción, energía eléctrica y para la fabricación de briquetas para quemarlas en hornos. El proceso de la extracción del carbón está dividido por etapas y en cada una de ellas se van generando diversos residuos de los cuales podemos destacar por proceso:

- **Exploración:** reservas y calidades
- **Explotación:** desarrollo y montaje, preparación y producción.
- **Beneficio:** clasificación y lavado del carbón.
- **Transformación:** en la producción de coque y otros procesos
- **Transporte, comercialización, distribución y usos.**

## EXPLORACIÓN

Para la extracción de este mineral se inicia por la etapa de exploración que consiste en la búsqueda del yacimiento carbonífero cuyas condiciones geológicas, tales como potencialidad y calidad, serán valoradas. La calidad del carbón se determina por sus propiedades físicas y químicas, para así definir su posible uso, estas propiedades son la humedad, cenizas, materias volátiles, carbono fijo, azufre total y poder calorífico (UPME, 2005). En la cordillera oriental de Colombia se encuentran los mejores carbones bituminosos para uso térmico y metalúrgico, junto con carbones antracitas, tanto para el consumo interno como de exportación (UPME, 2005). En esta etapa se generan residuos como suelos que son removidos para los respectivos análisis del mineral, los cuales no tienen una disposición adecuada puesto que solo se apilan cerca al proyecto, generando un impacto negativo en el ambiente (Gamboa, 2015).

## EXPLOTACIÓN

Luego de la etapa de exploración se da paso a la explotación, en la cual se ejecuta la delimitación de las áreas a intervenir, vías de acceso y obras de infraestructura y la extracción o producción de la mina, esto por diferentes métodos y sistemas de explotación debido a las condiciones del yacimiento carbonífero.

## BENEFICIO

Esta es la etapa donde se ejecutan las actividades y operaciones necesarias para mejorar las condiciones físicas del mineral de acuerdo con su uso, entre las principales actividades podemos destacar:

- **Separación:** se dividen los carbones con cualidades diferentes dispuestos en mantos o vetas contiguas, esto se realiza dentro de la mina.
- **Selección o clasificación manual:** sustracción manual de rocas adyacentes, intercalaciones al manto o impurezas que puedan acompañar el carbón al ser extraído de la mina.
- **Trituración y quebrantamiento:** reducción de las dimensiones de los fragmentos de carbón extraído como parte de una clasificación más útil
- **Tamizado o clasificación por tamaño**
- **Lavado:** disminución del porcentaje de cenizas e impurezas para minimizar impactos ambientales en la combustión del carbón.
- **Secado:** calentamiento mecánico del carbón para disminuir la humedad.
- **Mezcla de carbones:** para cumplir con requisitos del mercado (UPME, 2005).

## TRANSFORMACIÓN

Son las operaciones fisicoquímicas o metalúrgicas para obtener un producto comercializable, como la destilación para producir coque, gas, amoníaco y brea, entre otros.

## TRANSPORTE

El carbón usualmente es transportado desde la mina en volquetas de 10 toneladas, deblotroques y tractomulas, cables aéreos y vías férreas; es llevado a patios de acopio, plantas de beneficio, consumidores internos y a puertos de embarque para su posterior exportación.

## PROBLEMÁTICA AMBIENTAL EN COLOMBIA

La explotación de productos mineros como el carbón, níquel o gas natural, si no se efectúan como es debido, causan negativos impactos ambientales irreversibles. Según un estudio hecho por el Instituto Nacional de los Recursos Naturales (Inderena), el impacto ambiental que causa la explotación minera es grande. Las transformaciones que causan al medio ambiente inciden en los recursos hídricos, geológicos, biológicos, atmosféricos y socioeconómicos. Algunas de esas consecuencias son prevenibles, pero otras no pueden evitarse.

En el campo geológico se producen cambios topográficos y geomorfológicos debido a la remoción de las capas superficiales del terreno. La inestabilidad de los terrenos, al dejar las formaciones rocosas al descubierto, puede ocasionar el desencadenamiento de fenómenos erosivos.

También se produce un aceleramiento de los procesos de resquebrajamiento de la roca con separación de las partes y fallas en las unidades rocosas por el uso de la dinamita.

En el campo biológico, el impacto sobre los bosques naturales y la contaminación del agua ocasionan la pérdida de recursos y especies en peligro de extinción. Paralelamente, la construcción de vías y oleoductos para sacar el producto explotado produce alteración de suelos, fauna y flora en todos los ecosistemas, por lo que necesariamente tienen que pasar; por ende, se puede presentar contaminación por derrames no previstos o accidentes causados por descuido o de

manera intencional. Asimismo, se genera contaminación visual o gaseosa por las emisiones de gases o escape del polvillo en el caso del carbón, que es transportado desde las zonas de producción hasta los puertos de exportación, vía terrestre.

Según un estudio hecho en la región por el Consejo Regional de Planificación de la Costa Atlántica (Corpes), aún no se tiene conciencia del valor de los recursos para su uso interno, así como tampoco se ha conseguido una conciencia ecológica que permita desarrollar la minería a gran escala disminuyendo el impacto ambiental.

Para evitar que estos problemas se sigan presentando, el Ministerio del Medio Ambiente dijo que no se dará vía libre a ningún tipo de proyecto de desarrollo sin previo estudio de impacto ambiental ni sin la licencia que le amerite la realización de tales explotaciones. Del mismo modo, las poblaciones que conviven en estas regiones sostienen que las empresas deben hacer un esfuerzo mayor para evitar que se sigan deteriorando los recursos naturales.

El suelo sufre un gran impacto por la remoción y pérdida de suelo al realizar las excavaciones, la desestabilización de Taludes que, produce esta remoción y la contaminación de este al depositar material sobre él. Además de generarse efectos en cadena, ya que al contaminar el suelo se afecta directamente a la flora y fauna del entorno, por tanto, se alteran los factores bióticos y abióticos del ecosistema y se producen también cambios en el uso del suelo e impacto en el paisaje, y en algunas ocasiones, afectación al patrimonio cultural. Es de resaltar que esta actividad genera impacto en el componente social con la generación de empleo y movimiento de la economía del sector y la población.

## REFERENTES TEÓRICOS

Es importante revisar investigaciones previas, nacionales e internacionales, sobre la extracción, impactos y reutilización de carbón para agregados de construcción.

### **Referente internacional**

La mina invierno es la más grande a cielo abierto en Chile y, además, aporta parte de la energía del país. Sin embargo, los habitantes colonos de la isla están enojados porque nunca se les tuvo en cuenta con la participación, ya que todo lo que ellos pidieron fue, en su mayoría, negado y se creó la mina así los residentes se rehusaran.

Son tres consensos que caracterizan la escena sociopolítica de Chile, estos son el privilegio de minería sobre otras actividades, la fe perenne en las economías de combustibles fósiles como una oportunidad para el desarrollo en la región de Magallanes y la necesidad nacional de más energía.

En 2010, Mina Invierno presentó el proyecto al sistema de evaluación ambiental, para la explotación de la mina a cielo abierto, que fue aprobado en 2011 por el comité de los ministerios. La mina fue situada en el extremo oriental de la isla, cerca del canal que conecta la isla con el continente. Las familias residentes en Isla Riesco organizaron una resistencia tan pronto como se enteraron de la existencia del proyecto minero, y sus consecuencias. El rechazo al proyecto minero no estaba muy equivocado; este creció a medida que los expertos dieron más detalles sobre sus impactos, a las personas les generó una gran preocupación debido a que el

proyecto iba ser de minería a cielo abierto, lo cual podría generar impacto en el estilo de vida de los isleños. En primer lugar, se creó la organización "Comunidad para el Desarrollo Sostenible de Río Verde", integrada por los ciudadanos de Isla Riesco que crearon la Alerta de Isla Riesco (AIR) que implica una organización local y la gente de todo el país, cuyo objetivo era proteger Isla Riesco, asegurar el desarrollo sostenible basado en el respeto a las dimensiones ambientales, sociales y económicas.

Desde su fundación, el movimiento ha trabajado para difundir y hacer visibles los impactos ambientales, sociales y económicos de la minería de carbón a cielo abierto en la isla, así como en otras comunidades, creando conexiones con las comunidades afectadas por la minería del carbón en Chile y el mundo. El grupo ha desarrollado diferentes estrategias a nivel local, regional, nacional e internacional, incluyendo: la participación en el proceso de EAE (introdujeron más de 1,400 comentarios al mar presentado por la empresa), acciones legales (presentación de exhibición personal y de reclamos administrativos), estudio realizado por científicos y profesionales, difusión a través de spots y documentales de televisión, y creación de redes comunitarias con el fin de llegar a los políticos. El movimiento de aire sostiene que la extracción de carbón (destinado a alimentar las centrales termoeléctricas de energía eléctrica) es negativo para el país. AIR está compuesto por personas y familias con recursos y redes, sin embargo, no encaja en la categoría de muy adinerados. Son profesionales (médicos, periodistas, psicólogos, ingenieros agrónomos) que pueden movilizar sus redes sociales y explicar las cosas con claridad, pero que

no pertenecen a las redes de energía. No obstante, no pudieron detener el proyecto de ser aprobado.

Otra investigación para destacar es una sobre estudios que se han realizado y demuestran las diferentes opciones que se tienen para dar un uso a los residuos inertes, generados en la extracción del carbón. Calstar, empresa estadounidense, realiza ladrillos ecológicos a partir de la ceniza generada en centrales termoeléctricas de carbón, con una duración de cocción menor a 12 horas y disminución de gases efecto invernadero (El Mundo, 2009). En las minas de carbón de Jerada, en Marruecos, también se están implementando actividades de reciclaje y reutilización de más de 134,482 millones de toneladas

de residuos de carbón (Taha *et al.*, 2016), con un alto grado de calidad y resistencia. Finalmente, la Universidad Nacional, sede Manizales, realizó un estudio en 2015 acerca de la utilización de residuos de la extracción de carbón junto con desechos plásticos para obtener materiales (Triviño y Gil, 2015).

### Referente nacional

Otra investigación muy importante es una realizada en la Fundación Universitaria Agraria de Colombia (Uniagraria), la cual presenta una caracterización de los residuos sólidos producidos en lámina de carbón carboveva, dicha información se puede encontrar resumida en la tabla 2 y la ilustración 1.

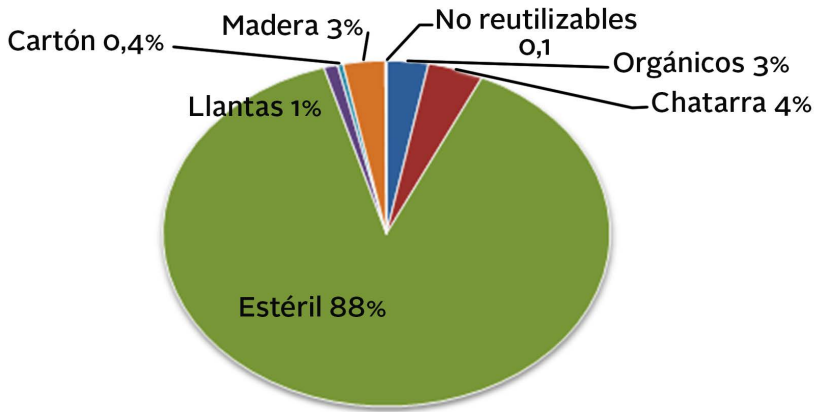
**Tabla 2.**

*Cantidades por mes de residuos generados*

Residuo	Cantidad (kg)	Porcentaje (%)
Orgánicos	400	3
Chatarra	600	4
Estéril	12 167	88
Llantas	120	1
Cartón	50	0,4
Madera	450	3
No reutilizables	10	0,1
TOTAL	13 797	100

**Fuente:** Formulación del plan integrado de manejo de residuos sólidos en la mina de carbón Carboveva en el municipio de Cucunubá, Departamento de Cundinamarca (Manquillo y Gómez, 2016)





### Ilustración 1.

Porcentaje de residuos sólidos que produce por mes la mina de carbón Carboveva

Fuente: formulación del plan integrado de manejo de residuos sólidos en la mina de Carbón Carboveva en el municipio de Cucunubá, Departamento de Cundinamarca (Manquillo y Gómez, 2016)

Si se analiza la información proporcionada se puede observar que la mayoría de los residuos cumplen siendo de tipo estéril, los tipos son variados, por ejemplo, se pueden encontrar de capa superficial, de suelo y de rocas encajantes. De todas las muestras presentadas se toman 5 tipos de muestras para su respectiva caracterización y determinación de su posible uso (tabla 3).

Como propuesta de uso frente a esta información, se concluyó que los residuos estériles cumplen ciertas condiciones para el uso en muros de contención o para uso de su base granular en la construcción de vías (Gómez & Manquillo, 2016).

## RESULTADOS

Como se presentó previamente, en todos los estudios descritos muchos de

los desechos que deja esta práctica son de tipo estéril, que, bajo ciertos criterios, se pueden usar en construcción como agregado, o también puede ser usado para elaborar *Clinker*, esto con el fin de hacer una reducción de costo, manteniendo la calidad necesaria. Otro posible uso según los estudios revisados es la de elaboración de ladrillos cocidos, de características menores a los convencionales, pero con beneficios según sea el caso. Todo esto nos indica que la cantidad de alternativas que se le pueden dar a los desechos estériles, ayudan a mitigar un poco el impacto al medio ambiente.

## CONCLUSIONES

La minería es una de las industrias que más generan impacto en el medio ambiente, afectando las fuentes hídricas cercanas a la

**Tabla 3.**

Muestras tomadas de la mina de carbon Carboveva

PUNTO	N° DE MUESTRA	COORDENADA N	COORDENADA W	DESCRIPCIÓN	USO DEL MATERIAL
1	1	5° 14,2'15,2"	13°48'1,3"	Color negro brillante a opaco, textura lisa, tamaño mediano a pequeño	Sisco o peña, material susceptible de aprovechamiento.
1	2	5° 14,2'15,2"	13°48'1,3"	Color negro a gris opaco, textura rugosa, tamaño pequeño a granular.	Sisco o peña, material susceptible de aprovechamiento.
2	3	19°8'42"	74°0'14"	Color amarillo ocre y arena, textura rugosa, tamaño mediano hasta tamaños granulares.	Aprovechable como material de construcción en las obras de la mina
3	4	19°8'42"	74°0'14"	Color negro brillante, textura lisa, tamaño grande.	Material usado para la venta
4	5	19°8'42,6"	74°0'14"	Color madera clara, textura grano mediano, tamaño mediano	Desecho a la naturaleza

**Fuente:** formulación del plan integrado de manejo de residuos sólidos en la mina de Carbón Carboveva en el municipio de Cucunubá, Departamento de Cundinamarca (Manquillo y Gómez, 2016)

zona de explotación, dañando el suelo y el subsuelo, generando así un cambio en los factores bióticos y abióticos del ecosistema, aun sabiendo que este impacto puede ser minimizado con la implementación de estrategias de reutilización de los residuos en las actividades de construcción, implementándolo como relleno.

Es de gran importancia socializar con los encargados de las industrias mineras, haciendo énfasis en las actividades de sostenibilidad para la extracción de carbón, las cuales se pueden implementar con el uso y disposición correcto de las materias inertes, generadas por la actividad de extracción, minas o entre otras industrias.

La clasificación y caracterización de los residuos que son producidos por las actividades de extracción de carbón, puede generar un referente para establecer los posibles usos o aplicaciones que se le pueden dar. Un análisis de granulometría y resistencia al desgaste y a la abrasión, nos muestra que puede ser usado como material de relleno y otros estudios demuestran que puede ser usado como agregado para la elaboración de ladrillos ecológicos.

## REFERENCIAS

Agencia Nacional de Minería (2013). Carbón (ANM). <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/carbon.pdf>

EL Mundo (6 de octubre de 2009). Las emisiones de CO<sub>2</sub> se reducirán un 3% en 2009 por la crisis económica. <https://www.elmundo.es/elmundo/2009/10/06/ciencia/1254816796>.

<http://dx.doi.org/10.22490/21456453.1420>

Gamboa García, D. (2015). Valoración de impactos ecológicos por minería de oro en río Guabas, Valle del Cauca, Colombia. Revista De Investigación Agraria Y Ambiental, 6(2), 243 - 254. doi: <http://dx.doi.org/10.22490/21456453.1420>

Manquillo, D. P. & Gómez. (2016). Formulación de Plan Integrado De Residuos Sólidos en la Mina de Carbón Carboveva En El Municipio de Cucunuba, Departamento de Cundinamarca. Proyecto de Grado de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia

Taha, Y., Benzaazoua, M., Hakkou, R. and Mansori, M. (2016). Natural Clay Substitution by Calamine Processing Wastes to Manufacture Fired Bricks. Journal of Cleaner Production, 135, 847-858. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.200>

Triviño, M. d., & Gil, E. (2015). Utilización de los residuos de la extracción del carbón y del proceso de coquización junto con desechos plásticos, como alternativa de obtención de materiales. Energética, 46, 85-95. [https://revists.unal.edu.co/index.php/energetica/article/viewFile/51901/n46\\_a9\\_519V2](https://revists.unal.edu.co/index.php/energetica/article/viewFile/51901/n46_a9_519V2)

UPME. Unidad de Planeación Minero Energética. (2005). La Cadena del Carbón. Subdirección de Planeación Minera. Bogotá, Colombia. [http://www.upme.gov.co/docs/cadena\\_carbon.pdf](http://www.upme.gov.co/docs/cadena_carbon.pdf)