

## ASFALTITA SUS POSIBILIDADES COMO COMBUSTIBLE

**Miguel A. Anaya Alfonso y Anolan Díaz Fernández**

Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica, , Carretera Varona 12028 Km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, [anaya@cipimm.minbas.cu](mailto:anaya@cipimm.minbas.cu), [anolan@cipimm.minbas.cu](mailto:anolan@cipimm.minbas.cu).

### RESUMEN

Las asfaltitas, según su procedencias y tipos, tiene un poder calórico que oscila entre 20921 y 37192 kJ comparándose al carbón de hulla. La explotación del asfalto y asfaltitas puede ser de diversas maneras: Uso directo como combustible. Destilación, en su forma natural hasta una concentración inicial y obtener gasolina, aceite, Coque, etc. Pirolisis destilación en ausencia de aire. Gasificación para obtener gas de agua. En el trabajo se presentan los usos de la asfaltita como combustible directo y se propone una tecnología de benefacción por gasificación y un diseño del equipo a utilizar para la obtención de coque. Se presentan los resultados obtenidos. Como conclusiones del trabajo tenemos: la aplicación de la tecnología propuesta para la conversión de la asfaltita de baja y alta calidad valoriza la asfaltita, ya que nos permite obtener independientemente de su valor calórico como combustible directo, obtener aceites (para fraccionar), obtener gases combustibles que no aportarían productos tales como gasolina, etc. Disponer de un producto capaz de sustituir al coque de petróleo de importación para diversos usos en la economía nacional: Sustitución de importaciones y disponer de un producto estratégico capaz de ser obtenidos a partir de un producto mineral nacional.

Calidad del Coque obtenido

Carbón fijo %	67,2
Volátiles %	5
Azufre %	5
Materia mineral no asociada %	11,9
Ceniza %	0
Poder calórico , kJ	32540

De trabajo se concluye la conversión de la asfaltita en coque y que pueden emplearse como combustible directo.

### ABSTRACT

The asfaltitas, according to his precedence and fellow, he has a caloricity that it oscillates between 20921 and 37192 kJ comparing to the soft coal. The exploitation of the asphalt and asfaltitas can become of diverse manners: 1 Direct use like fuel. 2. Distillation, in his natural form even an initial concentration and obtaining gasoline, oil, Carbon Coke, etc. 3. Pyrolysis distillation in the absence of air. 4. Gasification to obtain water gas. At work they encounter the uses of the asfaltita like direct fuel and a technology of benefaction for gasification and the team's design proposes itself to utilize for the obtaining of carbon coke. They encounter aftermath obtained. As we have conclusions of work: The asfaltita, since he permits obtaining us independently of his heat value like direct fuel, gives value to the application of technology proposed for the conversion of the asfaltita of hushed and high quality obtaining oils (to fraction), obtaining combustible gases that would not contribute products such like gasoline, etc. Having a capable product to stand in for the carbon coke of importing for various uses in the national economy: Import substitution and having a strategic capable product to be obtained starting from a mineral national product.

Quality of the Carbon Coke obtained

Fixed coal %	67,2
Volatile %	5
Sulphur %	5
Mineral matter associated %	11,9
Ash %	0
Caloric power kJ	32540

Of the obtained results in the work we can conclude that the asphalts can be employed as direct combustible and demonstrates to him the possibility to obtain coke.

## INTRODUCCIÓN

En el trabajo se presentan los resultados obtenidos del uso de las asfaltitas como combustible. La carencia de combustible mantiene una derogación importante de divisas para mercado de importación de combustible sólido (coque de petróleo) para asegurar la energía requerida por la industria y la generación de energía eléctrica (nuestro mayor consumidor), con el agravante de los altos precios y sus oscilaciones en el mercado internacional.

En Cuba se han encontrado diversos yacimientos de asfaltita y asfaltos fluidos a lo largo de la Isla, de ellos el Yacimiento de la Mina Manuela ha sido caracterizado y medidas sus potencialidades que llegan a los 3 400 000 millones de toneladas, según los informes de el BNRR (BNRR-IGP., 2010).

Algunos yacimientos han sido explorados parcialmente como los de la Mina Crispín Municipio de Remedios en la Provincia de Villa Clara, donde se montó una planta para la obtención de sello asfáltico, solución asfáltica base para la pintura y masilla asfáltica para impermeabilización. La Mina Manuela ubicada en la zona de Mariel, provincia de Pinar de Río (actual Provincia de Artemisa) se utilizó en el Cemento Siguaney. Así como diferentes afloramientos de asfaltos fluidos como el de Jaruco, en la provincia de La Habana (Actualmente Mayabeque). Los asfaltos fluidos se han utilizado en la industria en la preparación de asfaltos calientes y fríos, así como en la pintura e impermeabilizantes asfálticos.

Las asfaltitas, según su procedencia y tipo, tienen un poder calórico que oscila entre 20921 y 37192 kJ comparándose con el carbón de hulla (Anaya et al., 2004). Sin embargo, tiene dos desventajas importantes: En primer lugar, funde a una temperatura inferior a la de su punto de inflamación, lo cual causa dificultades en la alimentación y en el funcionamiento de los hornos, En segundo lugar, contiene una gran proporción de residuos minerales, llegando a tener hasta 45 % de cenizas, lo que entorpece grandemente la operación de extracción de ceniza. Son estas características que presentan las asfaltitas las que limitan su explotación y las que definen las necesidades de investigación, la propuesta de una tecnología para el beneficio del mineral.

Como podemos apreciar el asfalto y las asfaltitas pueden ser utilizadas de diversas maneras:

1. Uso directo como combustible.
2. Destilación, en su forma natural hasta una concentración inicial y obtener gasolina, aceite, Coque, etc.
3. Pirolisis destilación en ausencia de aire.
4. Gasificación para obtener gas de agua.
5. Utilizarse directamente en la confección de papel de techo, losas, masillas asfálticas y/o pinturas asfálticas anticorrosivas.

El objetivo del trabajo es proponer una tecnología para la benefacción de la asfaltita del yacimiento Manuela y asfaltos para la obtención de coque y sus derivados.

Al refinar el asfalto queda un sólido poroso de color negro o gris oscuro que contiene altas concentraciones de azufre y metales pesados como níquel, vanadio. De acuerdo a la naturaleza del petróleo crudo que le da origen a este sólido tendrá un grado de toxicidad y de impurezas determinado. El costo del coque de petróleo de buena calidad, puede oscilar en \$ 40,00 a % 65,00

USD/t. A menor calidad el coque su precio disminuye. (El precio varía de acuerdo a la calidad del coque

El coque de petróleo o coque de petróleo es producido por una descomposición térmica con polimerización a partir de los residuos del petróleo crudo (aceites pesados, alquitranes, asfalto, etc.). Insoluble en agua con un contenido de materia volátil de hasta de un 10 a un 15 %.

Este sólido es estable desde el punto de vista químico y no es reactivo en condiciones normales. La impurezas principales que acompañar al coque de petróleo son el azufre 5 y 6 % (Salvador, S., J.M. Commandré et al., 2003), nitrógeno, oxígeno e hidrógeno con contenidos de hierro, magnesio, sodio, calcio, níquel y vanadio.

La producción de coque puede realizarse por tres procesos distintos: coquizado retardado, coquizado en lecho fluidizado y coquizado en lecho fluidizado, con gasificación.

El coque obtenido de las fracciones más pesadas del petróleo, contiene un concentrado de sus impurezas más densas, tales como metales y compuestos sulfurosos; su contenido en esos componentes es una función directa de la calidad del petróleo procesado y del grado de refinación que se alcance. Los coque de petróleo que aparecen en el mercado internacional pueden tener contenidos de azufre que van desde un 4.0 a 7.5 % en masa. Se aplican tres procesos de producción de coque de petróleo que tienen diferentes operaciones y procesos, los cuales determinan la composición final del coque

En la Tabla I se presenta la composición de los coques producidos a partir de los tres procesos, utilizando una carga estándar de residuo de vacío, pero originadas de petróleos diferentes (Furimsky, 2000; Salvador et al., 2003; García, 2002). La tabla solamente nos presenta la relación H/C, relacionada con las condiciones establecidas en el proceso, ya que las cargas no tienen el mismo origen.

Tabla I.- Composición típica comparativa entre los tres procesos de coquificado.

Composición (% en masa)	Proceso de Producción de Coque		
	Retardado	Lecho fluidizado	Lecho fluido con gasificación
C	87.9	86.3	94.9
H	3.51	2.2	0.3
H/C	0.47	0.31	0.04
N	1.61	2.4	1.1
S	7.5	6.9	2.8
O	-	0.9	0
Cenizas	0.33	1.3	1.0
d (g/cm <sup>3</sup> )	2.00	0.80	0.96

Entre los países exportadores de coque de petróleo, están como los mayores exportadores Estados Unidos de Norteamérica con un 66% y como segundo exportador China. Sin embargo México estima que para el 2016 su producción será de unas 30 000 t/a de coque de petróleo.

Con respecto al precio del coque de petróleo intervienen diferentes factores del mercado de este producto. Al aumentar el precio internacional del carbón y del petróleo la demanda del coque de petróleo se incrementa, lo que determina una subida en su precio. Según los analistas del mercado el alza del precio internacional del carbón en general produce una mayor influencia en el aumento del precio del coque de petróleo.

## Consumo de Coque de Petróleo en diferentes Sectores Industriales. Coque de petróleo verde o calcinado.

En el mercado se comercializa el llamado coque verde y es coque calcinado. El coque verde es el obtenido directamente del proceso de coquizado retardado, posee un mayor contenido de compuestos volátiles. El coque verde al ser sometido a un proceso de calcinación, produce el coque calcinado, con un contenido de volátiles reducido.

Al calcinar el coque verde se aprovechan los calores sensibles y latentes de la materia volátil en una caldera recuperadora de calor, generando vapor de agua a un nivel de presión adecuado, aprovechándose en unidades de la propia empresa. La producción de vapor de agua es una fuente energética obtenida de la producción de coque de petróleo.

La oferta al mercado consumidor determina los consumos en los diferentes sectores industriales, el coque calcinado es usado como combustible en termoeléctricas y fundamentalmente en cementeras, a pesar de su bajo contenido de volátiles (el bajo contenido de volátiles dificulta la combustión) y del menor valor de HGI<sup>(1)</sup> (lo que indica una mayor dificultad en la pulverización del material).

(1) HGP: (índice de Trituración Hardgrove).

El coque verde puede tener los siguientes usos:

- 1) Coque combustible utilizado en la producción de cemento y en calderas de lecho fluidizado para la generación de vapor y energía eléctrica, usando material calcáreo para la remoción de compuestos sulfurosos. El consumo de la industria cementera es más del 60% de la producción mundial de este combustible (Fábrica Cemento Cienfuegos. 2000).
- 2) Coque con bajo contenido de azufre, puede tener uso metalúrgico en la forma de mezclas compuestas con coque mineral, para alimentación de alto-horno.
- 3) Sufriendo una oxidación parcial, el coque de petróleo puede ser usado en procesos de gasificación, para aplicación en la producción de vapor de agua, generación de energía eléctrica y producción de cargas gaseosas para varias aplicaciones industriales.

En la Figura 1 se presentan los porcentajes del mercado consumidor de coque de petróleo Mercado consumidor de coque de petróleo (IEA-COAL, 2004).

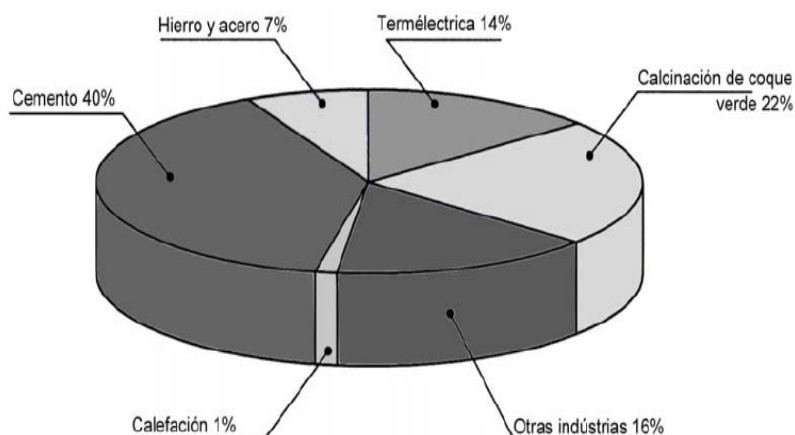


Figura 1.- Porcentajes del mercado consumidor de coque de petróleo.

La Figura 1 muestran los diferentes usos del coque de petróleo en diferentes sectores industriales y los porcentajes del mercado consumidor donde se aprecia que el sector cementero es el mayor consumidor de coque de petróleo, con 40% del total de coque producido. El segmento de calcinación de coque verde es el segundo mayor consumidor, con 22% de participación; el sector de plantas termoeléctricas se presentan como el cuarto consumidor de coque de petróleo, consumiendo 14% del total de coque producido en 1999. Pequeños consumidores como calefacción 1%, fundición de hierro y acero un 7%, otras industrias un 16% emplean el coque de petróleo.

La producción de coque de petróleo debe continuar en ascenso ya que es una consecuencia de la disminución del grado API de los petróleos disponibles. Esta tendencia queda reflejada con el hallazgo pozos de petróleo, extremadamente pesados y con altos contenido de azufre. Por lo que el actual mercado consumidor de coque de petróleo debe ampliarse, para el uso en las tecnologías actuales y las nuevas tecnologías que requerirán del uso un combustible.

La utilización del coque de petróleo, debe considerar el estricto cumplimiento de los patrones de emisión de contaminantes, y prioritariamente el SO<sub>2</sub>, para evitar la lluvia ácida.

#### **Tecnología de producción**

Los procesos termoquímicos engloban todos aquellos procesos en los cuales, se producen reacciones químicas, bien sea por el aporte de energía desde el exterior o por que el sistema genera energía que ha de liberar. Las transformaciones termoquímicas dan lugar a una serie de productos gaseosos, líquidos o sólidos en mayor o menor proporción dependiendo de las condiciones en las que tenga lugar.

En el aprovechamiento del coque se deben utilizarse ciclos combinados: la gasificación o el lecho fluidizado, permiten eliminar las impurezas antes o durante el proceso de combustión. La quema no se recomienda en sistemas convencionales como generadores de vapor, debido a las emisiones de azufre que según la normatividad nacional e internacional, necesitaríamos equipos de desulfuración de grandes dimensiones, haciendo incosteable el proceso.

La gasificación es la tecnología que ha resultado de gran aceptación para convertir combustibles sólidos como el carbón, biomasa y últimamente el coque de refinería en un gas sintético. Convierte un combustible sólido en un gas limpio, eliminando hasta un 99 % de compuestos de azufre, vanadio y níquel. En un proceso de gasificación participan reacciones químicas que dependen de las condiciones de operación del gasificador. Las reacciones principales involucran al carbono, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrógeno, vapor de agua, metano, ácido sulfhídrico y sulfuro de carbonilo. Entre las compañías que aplican esta tecnología en la última década se encuentran: Texaco, Shell, Lurgi y BGL, con aplicaciones en países como Estados Unidos, Holanda, España, Italia, Japón, India y Sudáfrica. Las experiencias de gasificación, se han usado para producir hidrógeno, vapor y electricidad (Speight, J.G et al., 2004).

El proceso térmico conocido como coking o coquificación (Ellis, et al., 2000) utiliza para su obtención residuos del petróleo pesado y producen combustibles ligeros. Estos residuos son calentados a una temperatura de 450 a 520 °C en un horno descargándose en un tambor de coque para realizar un craqueo extenso y controlado (destrutivo). Al calentarse se desprenden productos ligeros que se desechan, quedando los productos más pesados y por el calor retenido el craqueo forma una sustancia sólida que asemeja al carbón, el coque de petróleo (Wang et al., 2004). El enfriamiento se lleva a cabo por inyección de agua a presión, las tapas del tambor de craqueo son retiradas (superior e inferior), se taladra un orificio en el coque ó coque por la parte superior del tambor. Por este orificio

se baja un tubo girando y rociando a alta presión agua hasta el fondo del tambor. La alta presión del chorro de agua corta el coque en pedazos cargándose en camiones para su transporte. El proceso no genera residuos líquidos entregando el 30 % de coque de petróleo/t procesada.

El rendimiento del coque de petróleo puede incrementarse a partir de obtener un producto más refinado del petróleo crudo, lógicamente a mayor refino mayor es la cantidad de residuos producidos. Es un combustible bituminoso con un alto valor calórico que en condiciones normales es estable químicamente, no reactivo, al combustionarse genera óxidos de carbono y azufre en cantidades superiores a los combustibles tradicionales. El coque de petróleo como combustible directo sin mezclar con otro combustible sólido no es tan eficiente como cuando se mezcla por ejemplo con carbón para la generación de energía eléctrica es una solución aplicada en diferentes países disminuyendo los costos de generación en un rango de un 30 % a un 45 %.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los métodos de ensayos aplicados son los establecidos en el Manual de Procedimientos analíticos del Departamento de Caracterización de Materiales del CIPIMM. (Revisar redacción)

Caracterización de una muestra de las asphaltitas del Yacimiento Manuela.

La muestra objeto de la investigación corresponde a una muestra tecnológica representativa del yacimiento de Asphaltita Manuela, en las siguientes tablas se presentan los resultados de la caracterización química y física de la muestra de referencia.

Los resultados de la caracterización de la asphaltita del Yacimiento Manuela se presentan en las Tablas II, III y IV.

Tabla II.- Características y composición de la Asphaltita Manuela.

Características	Valores
Color	-
Fractura	concoidea
Humedad, %	8
% de Volátiles, 100 °C	5
Carbón fijo, %	≥30
Punto de fusión, °C	194
Punto de inflamación, °C	212 - 220
Solubilidad, S <sub>2</sub> C	60
Materias insolubles no minerales, %	8
Ceniza, %	30
Asociados minerales libres, %	45
Solubilidad en nafta, 88 ° Be	80
Carbono	9
Hidrógeno	7
Azufre	8
Calor Especifico, kJ	18,326

(1): 1 kJ=0,239 kcal

La Tabla II presenta la caracterización de la asphaltita del Yacimiento Manuela en su estado natural esta asphaltita conoce como Grahamita Cubana y se caracteriza por su alto contenido de materia mineral no asociada, es un asphaltita de baja calidad. Su uso ha sido limitado fundamentalmente para



el cemento. Su uso como combustible presenta desventajas: punto de fusión inferior a su punto de inflamación, alto contenido de sólidos y un alto contenido de azufre. Como ventaja tiene a su favor un poder calórico es alto.

Tabla III.- Composición de la fracción bituminosa de la Asfaltita Manuela libre de agua y ceniza.

Componentes	% en peso
Asfáltenos	61,74
Aceites aromáticos monocíclicos	3,35
Aceites aromáticos dicíclicos	5,14
Aceites aromáticos policíclicos	6,18
Resina bencénica	6,92
Resina alcohol bencénicas	5,58
Carboides, carbenos y otros	11,09
C	79,60
H	7,60
N	0,64
O	5,19

La Tabla III presenta la composición de la fracción bituminosa de la asfaltita. Se aprecia un alto contenido de asfáltenos, aceites, resinas y otros.

Tabla IV.- Composición química de la ceniza de la asfaltita.

Compuestos	%	Compuestos	%
SiO <sub>2</sub>	55,80	TiO <sub>2</sub>	0,62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,80	K <sub>2</sub> O	1,62
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,25	Na <sub>2</sub> O	2,11
CaO	7,99	Otros	0,50
MgO	5,01	-	-

La composición presenta un alto contenido de óxidos de silicio, aluminio, hierro y magnesio (89,9 %) el resto de los óxidos son elementos minoritarios.

Tabla V.- Poder calórico de la Asfaltita Manuela.

Materia prima	PCI( kJ/kg)	PCI ( kcal/kg)
Materia prima cruda (en su estado original)	18,326	4 380
Materia prima secada (libre de humedad natural)	19,142	4 575
Materia prima libre de ceniza (bitumen purificado)	36,628	8 754

\*CPI: Poder Calórico Inferior.

En la tabla de PCI que el valor calórico de la asfaltita natural es de 18000 a 19000 kJ/g mientras que la fracción bituminosa posee un PCI muy superior de 36626 kJ/kg. La relación  $PCI_{(natural)}/PCI_{(bitumen)} = 2$ , el valor calórico del bitumen duplica al de la asfaltita como mineral.

Una vez caracterizada la muestra tecnológica de asfalto Mariel Cayajabos. Se cuartea y se toma una muestra de 100 kg para el estudio al nivel de laboratorio del beneficio de la asfaltita para disminuir el % de azufre y de sólidos no asociados al bitumen por una molienda por vía húmeda. Beneficiada la muestra se seca hasta 3 % de humedad y se aplica de una destilación en retorta al vacío efectuar

la conversión de la asfaltita en coque de asfaltita. En la Tabla VI se muestra la composición de la muestra una vez beneficiada.

Tabla VI.-Composición de la muestra de Asfaltita beneficiada.

Características	Valor (%)
Humedad	3
Volátiles	5,1
Carbón fijo	31,5
Cenizas	21,0
Sólidos no asociados	30
Azufre	6
Poder calórico (kJ)	29 286

### Molienda y separación hidráulica (Ver anexo 1 figura II).

La muestra de mineral crudo (en tamaño de grano de 20 – 30 mm) se somete a un proceso de molienda en un molino de rodillos corrugados hasta granulometría  $\leq 1,0$  mm y posteriormente a un proceso de separación y clasificación hidráulica para disminuir el contenido de cenizas. La operación de molienda y separación evita en el caso de la destilación de las asfaltitas con alto contenido de materia mineral no asociada, que se forme un coque con un alto contenido de ceniza, posibilitando obtener un coque de mayor calidad.

Las asfaltitas con un bajo contenido de materia mineral ( $<1$  a 2 %) no requieren la operación de molienda y separación hidráulica, sino a la operación de benefacción o destilación destructiva.

Las asfaltitas con alto contenido de materia mineral no asociada ( $\geq 45$  %) requieren del tratamiento previo (molienda y separación hidráulica), con esta operación disminuimos el contenido de materia mineral a un contenido de 22,0 a 23,5 % (aproximadamente un 50 % del contenido inicial).

En la Tabla VII se presentan los resultados obtenidos en el beneficio de la asfaltita comparándolos con la asfaltita sin beneficiar.

Tabla VII.- Diferencias entre la muestra beneficiada y no beneficiada.

Característica	Sin beneficio	Beneficiada
Humedad %	8	3
Volátiles %	5	5,1
Carbón fijo %	30	31,5
Cenizas %	30	21,0
Sólidos no asociados %	45	30
Azufre %	8	6
Poder calórico (kJ)	18,326	29 286

El método de beneficio por molienda húmeda disminuye la humedad en un 40 %, los volátiles se mantienen constantes al igual que el carbón fijo. Las cenizas disminuyeron en un 70 % y los sólidos



no asociados en un 67 %. El azufre disminuye en un 13 %. Y el poder calórico se incremento en un 60 %.

Tecnología de aplicada consistió en destilación destructiva en una retorta especial para poder extraer los componentes volátiles de la asfaltita. En este proceso obtenemos coque de asfaltita, aceite crudo y gas (ver Anexo 1 Figura 3).

Las condiciones experimentales fueron las siguientes:

Condiciones experimentales:

Temperatura: Inicial extracción de volátiles (165 a 290) °C

Temperatura media 380 °C

Temperatura máxima (o de fondo) o zona de descomposición 520 °C

Estufa de secado  $110 \pm 5$  °C.

Horno Mufla  $1000 \pm 10$  °C.

## RESULTADOS OBTENIDOS Y DISCUSIÓN

Calidad del Coque obtenido:

Tabla VIII.- Características del Coque obtenido.

Características	Valor (%)
Carbón fijo	67,2
Volátiles	5
Azufre	5
Materia mineral no asociada	11,9
Ceniza	0
Pérdida de peso gasificación	11
Poder calórico, kJ	32 540

En el Anexo 1 Figura 4 se presenta el balance general para el procesamiento de una tonelada de asfaltita por calcinación a vacío en retorta.

Los resultados del coque obtenido respecto a la asfaltita en estado natural y beneficiada se presentan en la tabla comparativa IX fueron los siguientes:

Tabla IX.- Comparación Asfaltita natural, beneficiada y el coque.

Característica	Sin beneficio	Beneficiada	Coque
Humedad %	8	3	0
Volátiles %	5	5,1	5
Carbón fijo %	30	31,5	67,2
Cenizas %	30	21,0	0
Sólidos no asociados %	45	30	11,9
Azufre %	8	6	5
Poder calórico (kJ)	18,326	29 286	32 540

En la Tabla IX podemos observar que a medida que aplicamos un beneficio y la destilación destructiva el contenido de los componentes como la humedad ha disminuido en un 100 %, los

volátiles se han mantenido constantes (coque verde), el carbón fijo se ha incrementado en un 67,2 %, la ceniza a disminuido un 100% y el azufre en 62,5 % y el poder calórico de la asphaltita se ha ido incrementando hasta obtener un 77 % respecto al poder calórico de la asphaltita en estado natural y en un 11% respecto a la asphaltita beneficiada.

El coque tiene Coque 29 300 kJ/kg PCI y 33700 PCS que comparado con el coque obtenido de asphaltita posee un valor calórico similar al PCS del coque.

Análisis económico referido a una tonelada de asphaltita procesada.

En Cuba se va a comenzar a importar coque de petróleo para la producción de cemento, unidades básicas de generación eléctrica, etc. La posibilidad de obtener un coque a partir de la asphaltita de baja calidad puede sustituir hasta un 20 % en la industria del cemento (Anteproyecto Fca. Cemento).

Un consumo de 100 000 t/a de coque de petróleo (\$ 4 000 000 USD/a) considerando una sustitución del 20 % sería una sustitución de importación favorable para la compra de otros recursos necesarios en el país ascendente a (\$ 800 000 USD/a).

## CONCLUSIONES

1. La aplicación de la tecnología propuesta para la conversión de la asphaltita de baja y de alta calidad valoriza la asphaltita, ya que nos permite obtener independientemente de su valor calórico como combustible directo, la obtención de aceites (para fraccionar), obtener gases volátiles que nos aportarían productos tales como gasolina, etc.
2. El trabajo brinda la alternativa de disponer de un producto similar al coque de petróleo de importación para diversos usos en la economía nacional.
3. Posibilidad de Sustitución de importaciones y disponer de un producto estratégico capaz de ser obtenido a partir de fuentes minerales disponibles en el país.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar pruebas con los diferentes yacimientos de asphaltita y afloramientos de asfaltos al nivel de laboratorio.
2. Realizar las corridas experimentales en los parámetros óptimos a escala de banco y ampliada.
3. Diseño y construcción de un equipo de pirolisis y/o gasificación al nivel de planta piloto para la realización de pruebas necesarias para garantizar el escalado de los resultados obtenidos al nivel de laboratorio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anaya, M., 2010 Asphaltitas. Informe presentado GeoMinSal - IGP. Reunión Desarrollo de las Asphaltitas en Cuba.
- BNRR-IGP. 2010. Análisis de los recursos minerales del grupo de la asphaltita.
- Ellis, P. J. y C.A. Paul; A., 2000. Tutorial: Petroleum Coque Calcining And Use of Calcined Petroleum Coque. Great Lakes Carbon Corporation, 3rd International Conference on Refining Process, Session T9005 – Tutorial: Delayed Coking.

- Fábrica Cemento Cienfuegos. 2010. Anteproyecto para la utilización de asfaltita como combustible directo. 28-29.
- Furimsky, E.; Characterization of coques from Fluid/flexi-coking of heavy feeds, Fuel Processing Technology: 67, 205 – 230.
- Furimsky, E.; Characterization of coques from Fluid/flexi-coking of heavy feeds, Fuel Processing Technology: 67, 205 – 230 (2000).
- Garcia, R.; Combustíveis e combustão industrial, Editora Interciencia, Rio de Janeiro, Brasil (2002).
- Salvador, S., J.M. Commandré y B.R. Stanmore., 2003. Reaction rates for the oxidation of highly sulphurized petroleum coques: the influence of thermogravimetric conditions and some coke properties, Fuel, 82, 715 - 720.
- Salvador, S., J.M. Commandré y B.R. Stanmore; Reaction rates for the oxidation of highly sulphurized petroleum coques: the influence of thermogravimetric conditions and some coke properties, Fuel, 82, 715 - 720 (2003).
- Garcia, R.; Combustíveis e combustão industrial, Editora Interciência, Rio de Janeiro, Brasil (2002).
- Speight, J.G.; New Approaches to Hydroprocessing, Catalysis Today, 98 (1-2), 55 - 60 (2004).
- Wang, J., E.J. Anthony y J.C. Abanades., 2004. Clean and efficient use of petroleum coke for combustion and power generation: Fuel 83, 1341 – 1348.).

## Anexos

### Esquema tecnológico para la tecnología de benefacción de la asfaltita

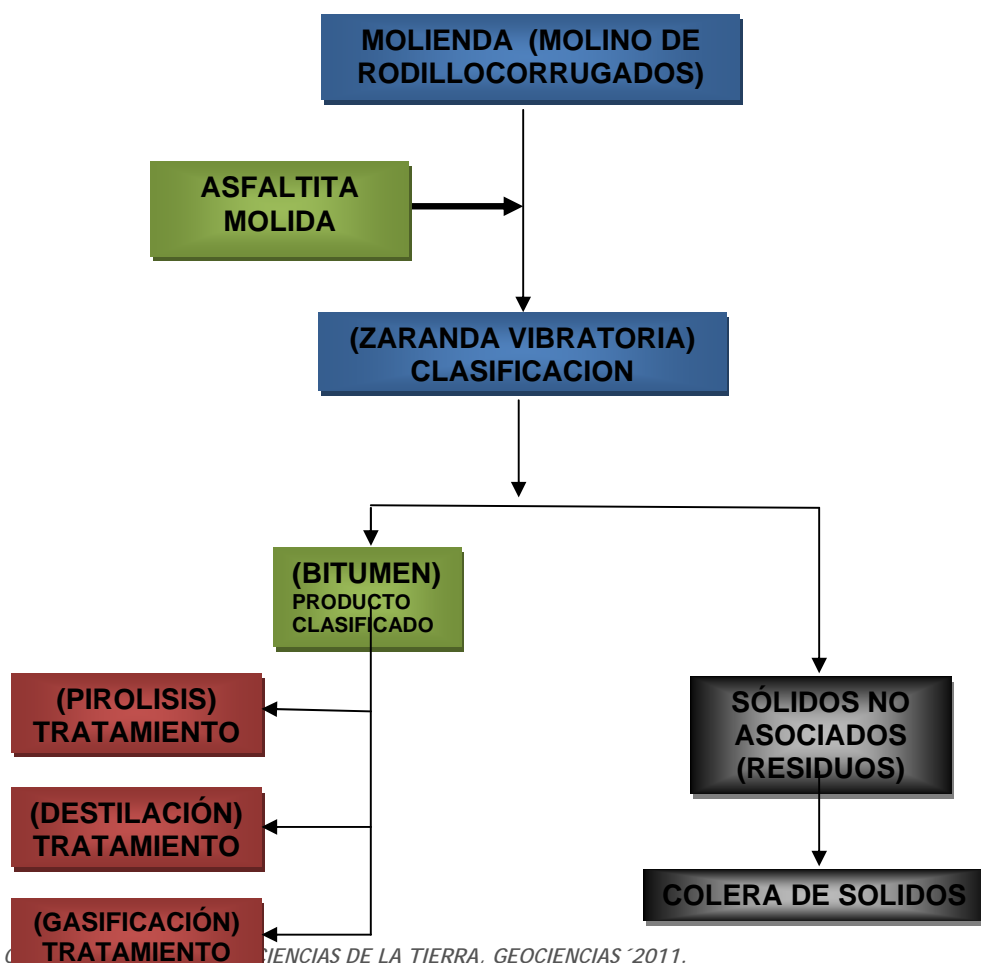


Figura 2.- El esquema aplicado en la tecnología de Benefacción de la Asfaltita

**Esquema general del proceso de calcinación de la asfaltita**

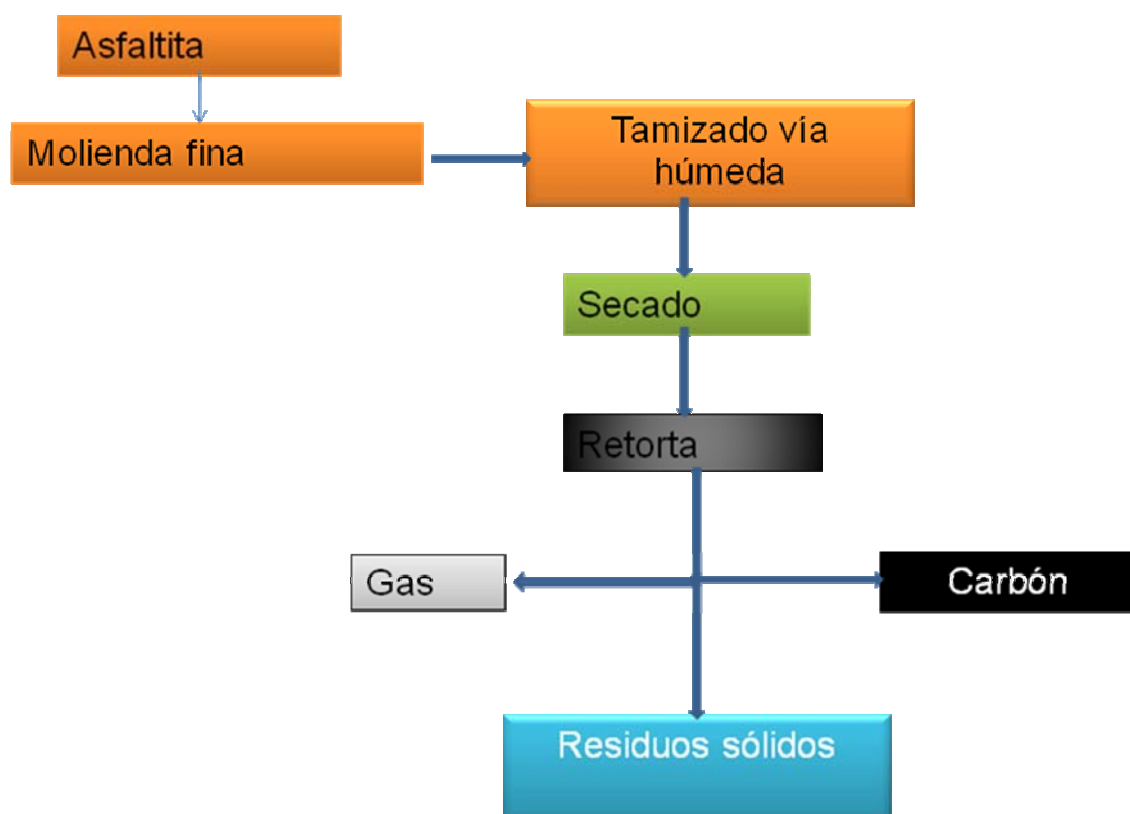
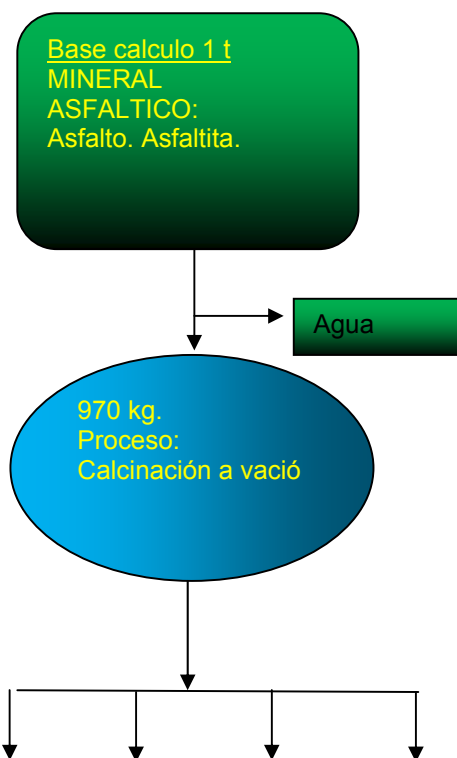


Figura 3.- Proceso de calcinación de la asfaltita en retorta a vacío.

**Balance de la operación de destilación a vacío de la asfaltita obtención de coque asfaltítico**  
**(BASE DE CÁLCULO 1000 kg)**

Mineral de asphaltita		
Elementos	%	Peso (kg)
Asphaltita		1000
medad	3	30
Volátiles	5	50
Carbón fijo	35	350
Ceniza	21	210
Azufre	6	6
No asociados	30	300

Coque de asphaltita obtenido		
Elementos	%	Peso (kg)
Volátiles	5	50
Carbón fijo	35	350
Azufre	6	6
No asociados	30	300



Volátiles	5			23,6	
C fijo	67,2		350,0		
Ceniza	0	210,0			
S	5		30,5	29,55	
No asociados	11,9				
		448,0	442,0	53,51	26,0
%	89,1				
		Desecho	Coque	Volátiles	Perd. Ind.
		% 0,46	% 0,46	% 0,06	% 0,03

Figura 4.- Base de cálculo para el balance 1 tonelada estándar/prueba.

