

**ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA CREACIÓN DE UN  
LABORATORIO DE CARBONES EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**LILIANA PINILLA TORRES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA  
2006**

**ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA CREACIÓN DE UN  
LABORATORIO DE CARBONES EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**LILIANA PINILLA TORRES**

**Trabajo de grado presentado como requisito  
para optar por el título de Ingeniero Químico**

**Director de Proyecto  
Ing. JORGE LUIS GROSSO VARGAS**

**Codirector  
Ing. HUMBERTO ESCALANTE**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA  
2006**

A quienes siempre han creído en mi  
y me han dado su apoyo incondicional  
en los buenos y malos momentos

*There is a Light that never goes out....*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Al profesor Jorge Luis Grosso por la dedicación y esfuerzos  
puestos en este proyecto*

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	10
1. ASPECTOS BASICOS DEL CARBON Y SU ENTORNO	11
1.1. Antecedentes de la Industria e Investigación del carbón en Colombia.	11
1.2. Generalidades del Carbón	13
1.2.1. Origen	13
1.2.2. Clasificación	13
1.2.3. Características del carbón colombiano	14
1.2.4. Cadena del carbón	15
1.2.5. Caracterización	19
2. DESCRIPCIÓN DE LAS DIFERENTES ETAPAS METODOLÓGICAS	25
2.1. Identificación de la infraestructura existente	26
2.2. Diagnostico de la oferta	28
2.3. Estudio de Demanda	32
2.4. Selección de servicios a prestar en el laboratorio	35
2.5. Determinación de equipos	37
2.6. Determinación de requerimientos físicos	38
2.7. Recurso Humano	40
2.8. Requisitos básicos para un programa de aseguramiento de la calidad analítica en el laboratorio	40
2.9. Estimación de costos de inversión	41
2.10. Planteamiento de propuesta para la ejecución del proyecto	41
3. CONCLUSIONES	42
4. RECOMENDACIONES	43
BIBLIOGRAFIA	44
ANEXOS	46

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Clasificación de los Carbones	14
<b>Tabla 2.</b> Zonas de Explotación Carbonífera	15
<b>Tabla 3.</b> Entidades que ofrecen servicios de laboratorio en el área de carbones en el país	29
<b>Tabla 4.</b> Pruebas y equipos seleccionados para el laboratorio de carbones y su costo	37

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Esquema de las diferentes etapas metodológicas	26
<b>Figura 2.</b> Cuantificación de diferentes análisis de carbones	33
<b>Figura 3.</b> Empresas prestadoras de servicios de laboratorio mas solicitadas	34
<b>Figura 4.</b> Número de tesis de pregrado realizadas en la UIS en el área del carbón	34

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
<b>ANEXO A.</b> Principales ensayos y normas de análisis para carbones	47
<b>ANEXO B.</b> Equipos del área de carbones existentes en las Escuelas de Ingeniería Metalúrgica e Ingeniería Química	48
<b>ANEXO C.</b> Entidades oferentes de servicios de Laboratorio para el área de carbones	51
<b>ANEXO D.</b> Directorio del sector carbonífero colombiano	61
<b>ANEXO E</b> Resultados del estudio de demanda	66
<b>ANEXO F</b> Cotizaciones de los equipos de laboratorio	69
<b>ANEXO G</b> Propuesta Tipo A BPPUIS	70

TITULO  
ESTUDIO TECNICO Y ECONOMICO PARA LA CREACION DE UN LABORATORIO DE  
CARBONES EN LA ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA\*

AUTOR  
PINILLA TORRES, Liliana\*\*

PALABRAS CLAVES  
Laboratorio de carbones, muestreo de carbones, caracterización de carbones, análisis de carbones

#### CONTENIDO

Este es un estudio de la situación actual del país en cuanto a entidades oferentes de servicios relacionados con el carbón y el posible montaje de un Laboratorio de Carbones en la UIS , para eso se realizo un diagnóstico a nivel regional y nacional sobre los diferentes laboratorios existentes y los servicios que estos ofrecen, un estudio de mercado que permitió identificar la demanda a nivel del sector industrial y por ultimo se propuso el diseño de un laboratorio de carbones basado en la definición de pruebas, equipos y tecnología, servicios industriales, distribución física y costos.

Se pudo concluir que el montaje de este laboratorio seria estratégico desde el punto de vista académico para la escuela de Ingeniería Química y para la UIS porque se convertiría en un soporte fundamental para la investigación además de permitir una mayor interacción con la industria. También que la mayoría de laboratorios del país cuentan con equipos y tecnologías obsoletas además de no prestar un servicio eficiente, puntual y de alta calidad, por lo que las empresas del sector carbonífero se encuentran receptivas a la idea de otro laboratorio para que les preste servicios.

Sin embargo este es un proyecto de altos costos de inversión que busca que en su primera fase se logre el montaje de equipos básicos y en otra posteriores ya siendo el laboratorio auto sostenible se puedan ir adquiriendo más equipos y tecnologías.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería Química, Jorge Luis Grosso

#### TITLE

STUDY TECNICAL AND ECONOMICAL FOR THE CREATION OF A COAL LABORATORY IN THE CHEMICAL ENGINEERING SCHOOL\*

#### AUTHOR

PINILLA TORRES, Liliana\*\*

#### KEY WORDS

Coal laboratory, sample collection of coal, characterization of coal, testing of coal

#### CONTENT

This is a study of the current situation in Colombia in the subject of the entities that offer services related with the coal sector and the possible assembly of a coal laboratory in the UIS, for that was made a diagnose in a level regional and national of the different laboratories and the services that offer, a market study for the identification of the demand in the industry and for last a possible design of the laboratory based in the definition of equipment, tests, costs and physical distribution.

The assembly and operation of this laboratory could be of vital importance in the Chemical Engineering School and at the UIS because allow a better touch with the industry and support for the investigation. The majority of laboratories in the country counts have bad equipment and inappropriate services and for that reason the enterprises are will to looking for others options.

However this is an expensive project that requires in his first step the basic equipment and later when the laboratory be self sustainable it is possible buy more equipment and technologies.

---

\* Grade project

\*\* Faculty of Physico-Chemical Sciences, School of Chemical Engineering, Jorge Luis Grosso

## INTRODUCCIÓN

El estudio y la caracterización del carbón han tomado gran importancia en los últimos años ya que la escasez de crudo ha obligado a buscar otras alternativas energéticas, encontrando en el carbón características importantes no solo en la producción de electricidad, sino también como principal combustible para la producción de cemento y acero así como en otras actividades industriales.

En nuestro país esta industria ha venido creciendo y desarrollándose, en miras de un aumento de la exportación y aprovechamiento de este recurso mineral, razón por la cual se requiere la creación de un laboratorio que de respuesta ágil y oportuna, con tecnología de punta y respaldado por la normatividad vigente relacionada con la calidad, con el objetivo de caracterizar la materia prima, acompañar los procesos durante toda la cadena, analizar los productos y prestar servicios a los sectores productores y consumidores de carbón a nivel regional y nacional. Además de realizar proyectos de asesoría, servicios tecnológicos y servir de soporte a la docencia y a la investigación, a través de la realización de tesis de pregrado y postgrado.

Acorde con las políticas que incentivan la investigación en la UIS y la consolidación de la participación de la universidad en proyectos que generen impacto regional y nacional se busca realizar un estudio técnico y económico para la creación de un Laboratorio de Carbones en la Escuela de Ingeniería Química, que no solo servirá al área de carbones, sino que complementaría otros proyectos y grupos de investigación. A su vez se plantea realizar un diagnóstico a nivel regional y nacional sobre los diferentes laboratorios existentes y los servicios que estos ofrecen, un estudio de mercado que permita identificar la demanda a nivel industrial y la determinación de las pruebas que éste necesita para dar respuesta a sus necesidades.

## **1. ASPECTOS BASICOS DEL CARBÓN Y SU ENTORNO**

### **1.1. Antecedentes de la Industria e Investigación del Carbón en Colombia**

Colombia, en los últimos 20 años, ha experimentado un crecimiento sostenido y sin precedente de la industria carbonífera del país. Es importante resaltar como en las décadas de los años 70, 80 y 90 se aumentaron, de manera sustancial la exploración y los estudios de factibilidad de los principales yacimientos carboníferos del país, mediante la iniciativa de capital estatal a través de sus empresas industriales y comerciales. En efecto, en el año de 1976 se fundó Carbocol S.A con el fin de administrar los recursos carboníferos y por ende, el más importante yacimiento, El Cerrejón, localizado en la Zona Carbonífera La Guajira, que con su potencialidad, calidad y ubicación estratégica constituye el mayor desarrollo minero a cielo abierto del país.

En 1985 Carbocol y Colciencias, considerando la necesidad de apalancar el desarrollo de la industria carbonífera del país a través de la incorporación de conocimiento en toda la cadena productiva, decidieron estructurar un mecanismo que fortaleciera la gestión asociada con la investigación y el desarrollo tecnológico del subsector carbón y divulgación de sus resultados con el propósito de mejorar su producción, combustión, beneficio, transporte y conversión.

Fue así como se constituyó el Fondo Nacional de Investigación del Carbón (FONIC), a través de un convenio suscrito entre Carbocol -luego Ecocarbón (hoy Minercol)- y Colciencias, con el objetivo principal de ampliar la investigación científica y de desarrollo tecnológico, mediante un trabajo de integración con universidades, centros e institutos de investigación productiva, tanto del sector público como privado, alrededor del recurso carbonífero colombiano.

Dicho Fondo aportó alrededor de 3.086 millones de pesos a la financiación de 45 de los 51 proyectos apoyados en temáticas del carbón en el período 1985-2003. Gracias a este apoyo se han creado y reforzado grupos de investigación en carbones en universidades como la de Antioquia, Industrial de Santander, Nacional (Medellín y Bogotá), Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Francisco de Paula Santander, Pontificia Bolivariana, Popular del Cesar y del Valle, y en entidades como el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), Ingeominas y Tecnos, entre otras.<sup>22</sup>

Ya con la entrada en operación de las minas del Cerrejón Norte y Central, Carbocol, Ecocarbón y Minercol, iniciaron un plan integral de exploración para el resto de zonas y áreas carboníferas del país que les permitiera, en pocos años, convertirse en una plataforma importante de exportación de carbón, mediante la apertura de un portafolio de proyectos de inversión en minería de carbón. Este plan consideró las siguientes zonas carboníferas: Guajira, Cesar y Córdoba-Norte de Antioquia. Paralelamente al desarrollo del plan de exploración de carbón Ingeominas, como principal instituto de investigación geológica de Colombia y las empresas de consultoría privada del sector minero fueron las encargadas de llevar a cabo el plan trazado.

Una vez estudiados los principales yacimientos donde se han definido carbones para exportación, ubicados en la Costa Caribe Colombiana, se procedió con la exploración de otras áreas carboníferas, tanto de carbones térmicos como coquizables, localizadas principalmente en el interior del país, con el fin presentar al empresario privado las oportunidades de inversión en los proyectos carboeléctricos y de coquización a través de estudios de normalización e integración de áreas en explotación. Este programa cubrió las zonas carboníferas de Antioquia - Antigua Caldas, Valle del Cauca - Cauca, Cundinamarca, Boyacá, Santander y Norte de Santander.

Al mismo tiempo que se llevaba a cabo el plan de exploración, se adelantó un programa de investigación y desarrollo tecnológico del carbón con la participación de Colciencias, universidades y centros de investigación del país, con el apoyo de instituciones científicas europeas y norteamericanas, orientado al desarrollo de tecnologías limpias, que permitieran utilizar el carbón de una forma ambientalmente sostenible.

El anterior proceso evolutivo permitió que, hoy en día, el carbón sobrepase el valor de las exportaciones de café y oro, ubicándose como el segundo producto de las exportaciones colombianas después del petróleo.

## **1.2. Generalidades del Carbón**

### **1.2.1. Origen**

El carbón se origina en transformaciones físicas y químicas de grandes acumulaciones vegetales depositadas en ambientes palustres (pantanos), lagunares o deltaicos y está compuesto principalmente por carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y azufre.

### **1.2.2. Clasificación**

Una de las clasificaciones más aceptadas para el carbón corresponde a la *American Society for Testing and Materials (ASTMD-388-777)*, mostrada en la Tabla 1, que lo divide en cuatro clases según las propiedades referidas a la composición de los vegetales y las condiciones de presión y temperatura (grado de metamorfismo) a que fueron sometidos durante su formación.<sup>17</sup>

**Tabla 1.** Clasificación de los Carbones

Tipo	Carbono Fijo (%)	Materia Volátil (%)	Contenido Humedad (%)	Poder Calorífico (BTU/lb)
ANTRACITA	86-98	1	15	32.6
BITUMINOSO	45-86	32	15-20	24.5-32.6
SUBMITUMINOSO	35-45	50	20-30	18.2-24.5
LIGNITA Y TURBA	25-35	96	30	9.3-18.2

Además de generación eléctrica, gasificación y producción de coque, el carbón es empleado en la producción de benzol, aceites, alquitrán y, mediante la licuefacción, como sustituto del petróleo.

### **1.2.3. Características del Carbón Colombiano**

El carbón colombiano es reconocido mundialmente por tener bajo contenido de cenizas y azufre, y ser alto en volátiles y en valor calorífico.

Los carbones colombianos son básicamente carbones duros (térmico, metalúrgico-coquizable y antracitas). Actualmente, el carbón térmico representa el 97% de la producción y de las exportaciones.

Colombia cuenta con reservas y recursos medidos de 7,063.58 millones de toneladas y un potencial de 16.992,80 millones de toneladas de carbones térmicos y coquizables.

Actualmente existen 8 zonas (distritos) de explotación carbonífera con reservas de carbón de diferentes tipos, Tabla 2:

**Tabla 2.** Zonas de Explotación Carbonífera

Zona (Distrito)	Departamento	Tipos de Carbón	Reservas medidas Millones de toneladas
BARRANCAS	La Guajira	Térmico	3.933,30
LA JAGUA DE IBIRICO	Cesar	Térmico	2.035,40
ZULIA	Santander, Norte de Santander	Antracita, térmico, metalúrgico	175,77
PAZ DEL RÍO	Boyacá	Térmico, metalúrgico	170,37
ZIPAQUIRÁ	Cundinamarca	Antracita, térmico, metalúrgico	263,23
MONTELIBANO	Córdoba - Norte de Antioquia	Térmico	381,00
AMAGÁ	Antioquia - Antiguo Caldas	Térmico	90,06
JAMUNDÍ	Valle del Cauca - Cauca	Térmico	41,45
TOTAL			7.063,58

Dentro de los nuevos prospectos carboníferos en Colombia se encuentra San Luis, ubicado en el departamento de Santander municipio del Carmen de Chucuri. Son 2.531 hectáreas con reservas probadas de 90 millones de toneladas de carbón pero con un potencial de más de 300 millones de toneladas, ubicadas en una zona estratégica, con carbones térmicos, metalúrgicos y con proximidad al ferrocarril del Atlántico, al río Magdalena y a la Troncal de la Paz.<sup>11</sup>

Este yacimiento requiere muestreos, evaluación de calidad y análisis fisicoquímicos, que ante la ausencia de una entidad dentro del departamento que los realice están actualmente a cargo de Ingeominas

#### **1.2.4. Cadena del Carbón**

En el país la cadena del carbón puede explicarse en las siguientes etapas:<sup>18</sup>

- ✓ Exploración
- ✓ Explotación y producción
- ✓ Beneficio

- ✓ Transformación
- ✓ Transporte interno
- ✓ Embarque, transporte, comercialización, distribución y usos.

Todos estos aspectos ofrecen múltiples posibilidades de investigación y prestación de servicios, de ahí la importancia de conocer sus componentes y brindar lo que realmente necesita el sector minero para su dinamización y mejoramiento.

- **Exploración - Reservas y Calidades del Carbón**

Colombia tiene las reservas de carbón más grandes de América Latina, más de 6.200 millones de toneladas que representan cerca del 80% de las reservas de carbón bituminoso de América Latina.

En cuanto a la calidad de los carbones está referida a las propiedades físicas y químicas, descritas a continuación, que son las que finalmente determinarán el uso final del material:

- *Humedad*: Se presenta como humedad total, inherente o de equilibrio, superficial, agua de hidratación o agua de descomposición. Tiene importancia en contratos de compraventa, en evaluación y control de procesos industriales y en manejo y pulverización del carbón.
- *Cenizas*: Residuo no combustible de origen orgánico e inorgánico.
- *Materias volátiles*: Su contenido determina los rendimientos del coque y sus productos y es criterio de selección del carbón para gasificación y licuefacción.
- *Carbono fijo*: Es una medida de material combustible sólido y permite clasificar los carbones y definir los procesos de combustión y carbonización.
- *Azufre total*: Parámetro en la definición de gases tóxicos de los procesos de gasificación y licuefacción.
- *Poder Calorífico*: Representa la energía de combustión del carbono e hidrógeno y del azufre. Es el parámetro más importante en la definición de los

contratos de compraventa de carbones térmicos y en la clasificación de los carbones por rango.

- **Explotación y Producción**

Después de la etapa de exploración con resultados económicamente factibles, se da comienzo a la etapa de explotación, que a su vez se subdivide en: desarrollo – montaje (vías de acceso, obras de infraestructura, servicios a la mina), preparación (delimitación de áreas dentro del yacimiento, bancos, niveles, subniveles, tambores, entre otros) y finaliza con el arranque, extracción o producción en mina, por diferentes métodos y sistemas de explotación, según las condiciones del yacimiento carbonífero.

- **Beneficio**

Es el conjunto de actividades y operaciones necesarias para el mejoramiento de las condiciones físicas del carbón que permitan adecuarlo a determinados usos y un mejor transporte. Por lo general incluye las siguientes etapas:

- *Separación*: División de carbones con cualidades diferentes dispuestos en mantos o vetas contiguas, por lo general se hace 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 por tamaño que además es útil para su transporte o para cumplir con requisitos exigidos en el mercado. En este proceso se utilizan sistemas mecánicos hechos por trituradoras de mandíbula y martillo tales como: comprensión, rodadura, impacto, fricción, desgaste o rozamiento.

- *Tamizado o clasificación por tamaño:* Clasificación del material mediante mallas que controlan el paso del material según el tamaño.
- *Lavado:* Disminución del porcentaje de cenizas e impurezas para minimizar los impactos ambientales negativos asociados con la combustión del carbón. El proceso puede ser en húmedo, según tamaño y forma, o en seco, según las diferencias en densidad y fricción.
- *Secado:* Disminución de humedad mediante calentamiento mecánico del carbón.
- *Mezcla de carbones:* Combinación y homogeneización de carbones con diferentes propiedades para que la mezcla cumpla los requisitos del mercado.

- **Transformación**

Conjunto de operaciones fisicoquímicas o metalúrgicas utilizadas para obtener un producto comercial no identificable con el material en su estado natural, tal como la destilación de carbón para producir coque, gas, amoníaco y brea entre otros.

- **Transporte interno**

El carbón generalmente es transportado desde la mina en volquetas de 10t, dobletroques de 20t y tractomulas de 40t y en otros casos por barcazas, bandas transportadoras, cables aéreos y vías férreas. Es llevado a los patios de acopio, las plantas de beneficio, consumidores internos y a los puertos de embarque para su posterior exportación.

- **Embarque, Transporte, Comercialización, distribución y usos**

El carbón producido en el interior del país abastece el mercado doméstico que lo destina a la generación eléctrica y como fuente de energía primaria y secundaria en la industria.

### 1.2.5. Caracterización<sup>14,15,21</sup>

Los carbones se caracterizan de acuerdo a sus propiedades, que pueden ser:

- ✓ Físicas
- ✓ Mecánicas
- ✓ Térmicas
- ✓ Eléctricas
- ✓ Plásticas
- ✓ Petrográficas
- ✓ Químicas

#### **Propiedades físicas:**

- *Granulometría:* Hace referencia a la medición del tamaño de las partículas de rocas o sedimentos, en este caso en particular del carbón. La granulometría es un parámetro muy importante en la preparación, la utilización y el estudio de los carbones.

- *Densidad:* No es posible definir la densidad del carbón de una forma unívoca dado que el carbón está formado por partículas dispuestas al azar existiendo espacios vacíos entre los granos individuales de carbón e inclusive al interior de un solo grano hay poros de diferentes dimensiones., sin embargo es necesario distinguir entre los siguientes parámetros:

*Densidad a granel o en masa:* Es el peso en Kg/m<sup>3</sup> del conjunto del carbón en trozos, comprendiendo los espacios vacíos que quedan entre éstos. Esta magnitud del carbón es importante de cara al almacenamiento del carbón y su uso en hornos de coque.

*Densidad de carga o estiba:* Se emplea cuando el carbón se almacena en una retorta de coquización. Depende esta magnitud de la clase de carbón, de su tamaño y de la humedad.

*Densidad aparente:* Es el peso de la unidad de volumen de carbón, incluyendo en el computo del volumen los poros.

*Densidad verdadera:* es la masa por unidad de volumen del carbón sin tener en cuenta los poros.

Todos los procesos de lavado y concentración de carbones se basan en el aprovechamiento de esta propiedad.

- *Porosidad:* Se refiere al ensayo que permite conocer la proporción del volumen de los poros en el carbón (proporción en volumen de vacíos dentro de un trozo de carbón o coque, calculada a partir de sus densidades verdaderas y aparentes).
- *Área superficial:* El área superficial se utiliza para estudios de carbón activo, oxidación y cálculos de metano “in situ”.

### **Propiedades Mecánicas**

- *Dureza:* Es un parámetro representante de la movilidad del carbón, es decir la facilidad con que su tamaño puede ser reducido. El índice de dureza es usado principalmente para la determinación del equipo de molienda mas apropiado.
- *Friabilidad:* Es la tendencia relativa de un carbón al rompimiento durante su manejo y transporte. Depende de la resistencia, elasticidad, fracturas entre otras características del carbón. La friabilidad se utiliza para estudiar el comportamiento del carbón durante la extracción, almacenamiento y transporte, y para evaluar la degradación del carbón en las pilas.
- *Triturabilidad:* Es la facilidad con la que el carbón se desmenuza sin reducirse totalmente a polvo. Es una combinación de dureza, resistencia, tenacidad y

modo de fractura. Cada vez es más tenida en cuenta esta propiedad mecánica del carbón, debido sobre todo al empleo de técnicas de combustión, como el lecho fluido.

- *Abrasividad*: Es la capacidad del carbón para desgastar elementos metálicos en contacto con él. El índice de abrasividad depende de los minerales del carbón, sobre todo del cuarzo, ya que entre más cuarzo tenga más alto es su valor. Se utiliza para evaluar el desgaste de los equipos de molienda, pulverización y en general de los equipos mineros utilizados en el arranque del carbón.
- *Índice de Hardgrove o Hardgrove Grindability Index (HGI)*: Algunos tipos de carbón mineral presentan mayores dificultades o facilidades para la pulverización, y cuanto mayor es el valor del HGI más fácil resulta la trituración del carbón mineral examinado.

### ***Propiedades Térmicas***

- *Conductibilidad Térmica*: Es la capacidad que presenta el carbón para conducir el calor. Tiene importancia sobre todo en los hornos de coquización, ya que el hecho de que el calor aplicado se transmita lo más rápidamente posible permite que el proceso tenga un mayor rendimiento.
- *Calor específico*: Es la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de 1g de carbón 1°C. También es importante esta propiedad en el proceso de coquización.

### ***Propiedades Eléctricas***

- *Conductividad Eléctrica*: Capacidad para conducir la corriente eléctrica a su través. Se define en términos de resistencia específica, que es la resistencia de

un bloque de carbón de 1cm de longitud y 1 cm<sup>2</sup> de sección. La unidad es el  $\Omega\text{m}$ . Esta propiedad depende de la presión, de la temperatura y del contenido en agua del carbón. El carbón es considerado en términos generales como un semiconductor.

- *Constante Dieléctrica*: Esta propiedad es más tenida en cuenta que la conductividad eléctrica. Se trata de una medida de la polarizabilidad electrostática del carbón dieléctrico. Esto está relacionado con la polarización de los electrones  $\pi$  que existen en los anillos bencénicos de la estructura del carbón. Esta propiedad esta muy relacionada con el contenido en agua del carbón y varía con el rango del carbón.

### **Propiedades Plásticas**

- *Índice de Hinchamiento o “Free Swelling Index” (FSI)*: Es la capacidad que tiene un carbón molido de pasar por un estado plástico hasta formar coque, cuando se le somete a un calentamiento.
- *Dilatometría*: La dilatometría consiste en determinar las variaciones de volumen del carbón en función de la temperatura. El análisis dilatometrico se utiliza para evaluar la resistencia del coque ya que generalmente un carbón de buena capacidad de coquización produce un coque de buena resistencia mecánica.
- *Plastometria*: Es otro parámetro que determina las propiedades plásticas de un carbón midiendo las temperaturas de ablandamiento, de máxima fluidez y de solidificación.

- **Propiedades Petrográficas**

La petrografía es la parte de la Historia Natural que se ocupa del estudio de las rocas., tanto de su composición química y mineralógica, como de qué estructura presentan esas rocas, además de su clasificación.

- *Composición Maceral:* Los macerales son los constituyentes químicos individuales de la roca, que son identificados por medios microscópicos o químico como componentes de un litotipo, .siendo estos últimos los componentes macroscópicos del carbón. El análisis maceral tiene por objetivo determinar la composición de un carbón basándose en el conteo estadístico de los constituyentes microscópicos (identificables a través de las características de forma, color y relieves) y calculando los relativos porcentajes. Los resultados del análisis de macerales hacen parte del corriente control de calidad de un carbón y da indicaciones sobre las proporciones en que las entidades reactivas e inertes se encuentran en el fósil.
- *Reflectancia:* Cuando la luz incide sobre la superficie del carbón, una parte es absorbida y el resto es reflejado. El poder reflectante de una muestra representa la relación entre la intensidad de la luz reflejada y la intensidad de la luz incidente, expresada en porcentaje. La vitrinita es uno de los tipos de macerales existentes, y se ha comprobado que su reflectividad da un buen indicio del poder coquizante de un carbón, de ahí la importancia de esta propiedad.
- *Microlitotipo:* Es una asociación de macerales existentes en una banda de carbón de 50 micrones de anchura máxima, que presentan propiedades análogas en ciertas tecnologías.

#### **Propiedades Químicas:**

- *Análisis Próximos:* Se conoce como análisis próximos cortos aquellos que comprenden las determinaciones de humedad, cenizas y poder calorífico, y los análisis próximos largos son los inmediatos mas los análisis de azufre y poder calorífico.

#### Utilidad de los valores de los análisis próximos

- ✓ Entregan la primera información sobre la calidad del carbón
  - ✓ Sirven para clasificar los carbones
  - ✓ Se les requiere en los contratos de compra y venta
  - ✓ Se utilizan para definir la molienda y el lavado
  - ✓ Sirven para calcular el rendimiento del coque
  - ✓ Se requieren para estimar el control ambiental
  - ✓ Informan sobre los requerimientos para el manejo de las cenizas.
- *Análisis Últimos*: Por composición elemental se entiende la determinación cuantitativa de los siguientes elementos: Carbono, Hidrogeno, Oxigeno, Azufre y Nitrógeno.

#### Usos de los análisis elementales ( o últimos):

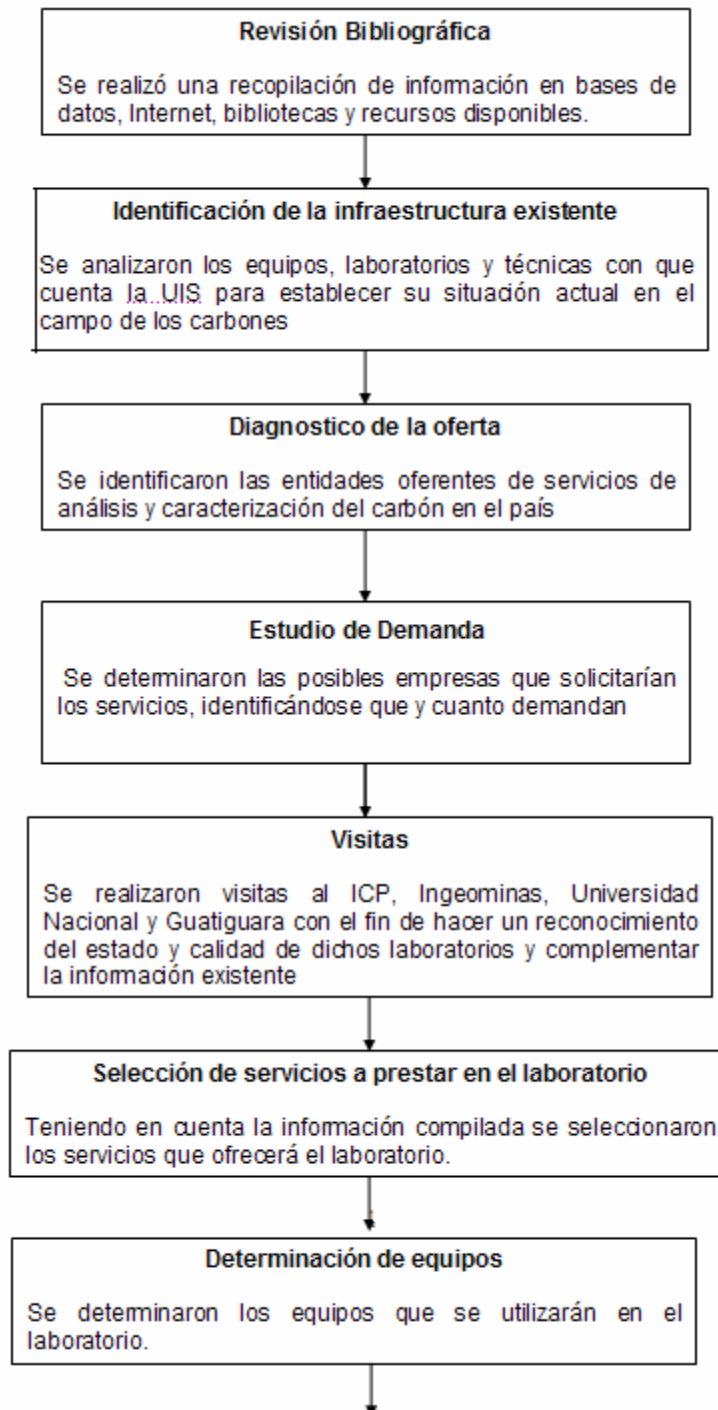
- ✓ Se utilizan para cálculos de combustión
- ✓ Sirven para estudiar la química del carbón
- ✓ Pueden predecir problemas de corrosión.

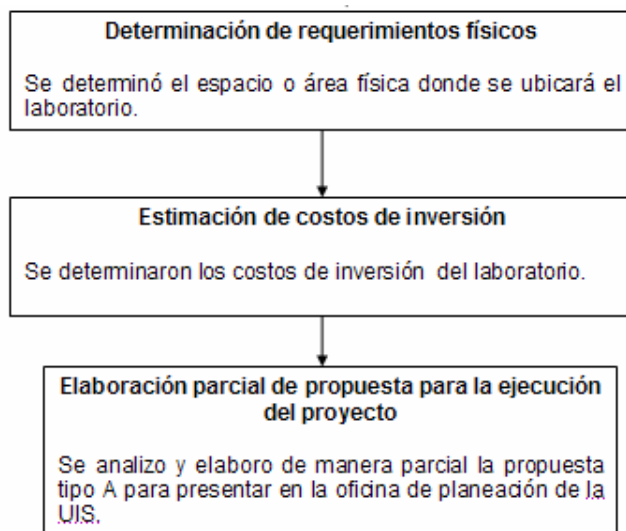
Es importante aclarar dado que el Laboratorio tiene como orientación la caracterización de carbones que esta no se reduce a los análisis próximos y últimos sino que ofrece todo un abanico de posibilidades ya descritos anteriormente que dependiendo de las necesidades del sector carbonífero (y los equipos disponibles) se pueden ofrecer.

En el Anexo A se resumen los principales ensayos usados para medir estas propiedades y las normas que los rigen.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LAS DIFERENTES ETAPAS METODOLÓGICAS

Para el desarrollo del proyecto se plantearon y llevaron a cabo varias etapas metodológicas que se resumen en el siguiente diagrama:





**Figura 1.** Esquema de las diferentes etapas metodológicas

### **2.1. Identificación de la Infraestructura Existente.**

En la Universidad Industrial de Santander no existe un Laboratorio de Carbones como tal, en el Laboratorio Químico de Consultas Industriales se ofrecen análisis físico-químico de aceites, combustibles, lodos y aceros y en las Escuela de Geología e Ingeniería Metalúrgica se dan servicios de caracterización mineralógica, sin embargo no es posible encontrar en un solo lugar y bajo las condiciones adecuadas un laboratorio que permita ser competitivos en este aspecto frente a otras Instituciones en el país.

Todos estos laboratorios están enmarcados dentro del portafolio de servicios de la UIS, en lo que se denomina *servicios tecnológicos*, que comprenden los servicios de análisis, pruebas y ensayos de laboratorio, transferencia, innovación y desarrollo de procesos y productos, resultantes de las actividades de investigación y docencia, realizadas por las distintas unidades académicas y administrativas.<sup>9</sup>

Además están acordes con el Proyecto Institucional de la Universidad, en lo referente a su política de investigación aprobada en el acuerdo 047 del 2004 y que tiene como objetivos: <sup>8</sup>

- ✓ Garantizar la calidad de la investigación.
- ✓ Asegurar el liderazgo de la universidad en el desarrollo científico y tecnológico de la región y el país.
- ✓ Participar en la identificación de las necesidades de investigación básica y aplicada, en los diferentes sectores de la región y del país.
- ✓ Desarrollar proyectos que respondan a las necesidades identificadas en la región y el país.

Los equipos con que cuenta la UIS en las Escuelas de Ingeniería Metalúrgica e Ingeniería Química y que tienen relación con un laboratorio de carbones se relacionan en el Anexo B

De estos datos obtenidos cabe destacar que la mayoría de los equipos tienen *más de 25 años de uso*, algunas tecnologías son obsoletas y algunos equipos están en proceso de reparación o inclusive almacenados.

En cuanto a grupos de investigación en este campo esta el *Grupo de Investigaciones en Geología de Hidrocarburos y Carbones* (categoría C) y el *Grupo de Investigación en carbón* que no tiene registro en Colciencias<sup>3</sup>

El parque tecnológico de Guatiguara es el sitio de trabajo del Grupo de Investigaciones en Geología de Hidrocarburos y Carbones. Sus líneas de investigación van orientadas hacia la estratigrafía y sedimentología, geoquímica orgánica y gas asociado al carbón por lo que cuentan con un microscopio para petrografía, un analizador de infrarrojo para azufre y carbono y un cromatógrafo, sin embargo carecen de una zona adecuada para preparación de muestras.

## 2.2. Diagnóstico de la Oferta

En el estudio de la oferta se identificaron las diferentes entidades que se encuentran en el mercado nacional y los servicios que ofrecen. Esto se relaciona en la tabla 3 y en el anexo C se da una información mucho más detallada al respecto (precios, equipos).

Adicional a estos existen en el país varios grupos de investigación en el área de carbones, y algunos de estos cuentan con equipos de laboratorio:<sup>3</sup>

- ✓ Universidad Nacional de Medellín: Grupo de estudios en energía
- ✓ Universidad del Atlántico: Grupo de investigación del carbón
- ✓ Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia (Tunja): Grupo interdisciplinario e interinstitucional de carbones y carboquímica
- ✓ Universidad popular del Cesar: Centro de investigaciones y desarrollo tecnológico del carbón
- ✓ Universidad Francisco de Paula Santander: Grupo de Investigación en carbones
- ✓ Universidad Pontificia Bolivariana (Medellín): Grupo de Energía y termodinámica
- ✓ Universidad Nacional de Bogotá: laboratorio de Investigación en energía y combustibles
- ✓ Universidad del Valle: Ciencia y tecnología del carbón.

**Tabla 3.** Entidades que ofrecen servicios de laboratorio en el área de carbones en el país

PRUEBAS	ENTIDADES OFERENTES								
	Unal Medellín	Ingeominas	U. del Valle	SGS B/quilla	U. del Atlántico	U.P.T.C Tunja	Inspectorate	SENA Sogamoso	ICP
<b>PREPARACIÓN</b>									
Preparación de la muestra hasta 5 kg.	x	x	x		x				
Preparación de la muestra entre 5 y 20 Kg.	x		x		x				
Granulometría por tamiz (malla)	x	x	x		x	x		x	
Preparación residuos sólidos hasta 5 Kg.			x						
<b>ANÁLISIS PRÓXIMO</b>									
Análisis próximo completo	x	x	x	x	x	x	x		
Azufre total (LECO)	x	x	x	x	x	x			
Azufre total (Macanal)	x	x							
Azufre total de arcillas	x								
Carbono fijo	x	x	x						
Cenizas	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Humedad en equilibrio		x		x					
Humedad residual	x	x	x	x	x	x	x		
Humedad total	x		x	x			x	x	x
Materia volátil	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Poder calorífico superior	x	x	x	x	x	x	x		
<b>ANÁLISIS DE CENIZAS</b>									
Composición de cenizas aire acetileno (por elemento) Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, MgO, Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	x	x		x		x	x		
Composición de cenizas O nitrosos (por elemento) SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub>	x	x				x	x		
Composición de cenizas colirimetría	x								

PRUEBAS	ENTIDADES OFERENTES								
Composición de cenizas vía húmeda SO3	x		x						
Fusibilidad de cenizas	x	x	x	x		x	x		
Obtención de cenizas	x	x	x						
<b>PROPIEDADES PLÁSTICAS</b>									
Dilatometría A.A.	x					x	x		
Plastometría		x				x	x		
Ensayos de coquización	x						x		
Índice de hinchamiento	x	x	x	x	x	x	x	x	
<b>OTROS</b>									
Análisis elemental (Carbono, Hidrógeno, Nitrógeno)	x	x	x	x		x	x		
Análisis Micum 10-40	x	x			x	x			
Análisis termogravimétrico	x		x						
Calorimetría de barrido diferencial			x						
Diferentes formas de azufre	x	x		x		x			
Gravedad específica aparente	x						x		
Gravedad específica verdadera	x	x		x	x				
Índice de molienda Hardgrove	x	x		x		x			
Inquemados	x	x	x						
Solubilidad en HCl	x								
Solubilidad en NaOH (Hidróxido de Sodio)	x								
Determinación de cloro		x		x					
Determinación de fósforo		x		x					
Determinación de fluor				x					
Porosidad						x	x		
<b>PETROGRAFÍA</b>									
Elaboración de sección pulida	x	x					x		
Grupo macerales	x	x				x	x		

PRUEBAS	ENTIDADES OFERENTES								
Petrográfico completo, incluyendo observación en fluorescencia.	x						x		
Reflectancia media de la vitrinita	x	x				x			
<b>LAVABILIDAD DE CARBONES EN LICORES DENSOS UTILIZANDO CLORURO DE ZINC COMERCIAL</b>									
Selección de 10 kg de carbón	x								
Precio por malla	x								
Determinación de cenizas de cabezas	x								
Contenido de cenizas de acuerdo con la granulometría de la muestra	x					x			
Contenido de cenizas de cada fracción de acuerdo con una densidad dada entre 1.25 y 1.45 para una serie de nueve licores	x								
Análisis granulométrico original con mallas 2"-1"- 3/8"- 1/4" - #10 - #18 - #20.	x								
<b>ANÁLISIS PARA CARBONES ACTIVADOS</b>									
Área superficial	x								
Azul de metileno	x								
Corrida de rayos X	x								
Decoloración de melazas	x								
Densidad aparente	x								
Índice de yodo	x								
Ph	x								
Solubles en agua	x								

## **Conclusiones del Diagnóstico**

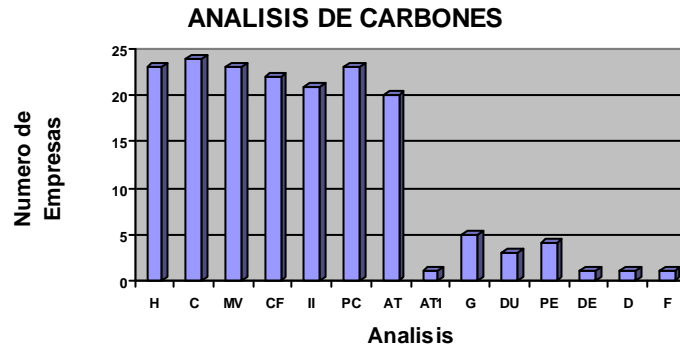
- ✓ Las universidades públicas son líderes en investigación en carbones en el país.
- ✓ De todos los laboratorios del país que ofrecen servicios de laboratorio en el campo de carbones solo SGS Barranquilla y el ICP están acreditadas por la Superintendencia de Industria y Comercio.
- ✓ En Santander solo el ICP ofrece pruebas en el área del carbón, aunque su portafolio al respecto es bastante limitado.
- ✓ La mayoría de las universidades cuenta con equipos y tecnologías muy obsoletas en sus Laboratorios y falta de personal.
- ✓ Ingeominas a pesar de contar con más de 200 clientes, no tiene un laboratorio con tecnología de punta y no está acreditado, aparentemente por problemas de gestión.
- ✓ Los precios de las pruebas varían en cada laboratorio, sin embargo en términos generales las universidades ofrecen servicios más económicos.

### **2.3. Estudio de Demanda**

Inicialmente se identificaron las empresas que en Colombia hacen parte del sector carbonífero (ver Anexo D ), por lo que partiendo de esto se realizó una consulta telefónica con algunos de estos clientes potenciales a fin de obtener la siguiente información:

- ¿A qué tipo de análisis son sometidos los carbones que hacen parte de su actividad productiva?
- ¿Qué empresa realiza estos análisis?
- ¿Con qué frecuencia los realizan?

Los resultados de dicha encuesta se ilustran en las figuras 2 y 3 y se complementan con la información del Anexo E.



**Figura 2** Cuantificación de diferentes análisis de carbones

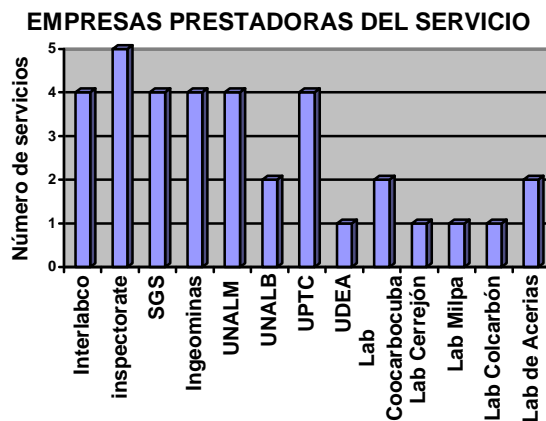
Teniendo en cuenta esta información se puede concluir que en general los análisis más demandados por las empresas son:

- ✓ Humedad Total
- ✓ Contenido de Cenizas
- ✓ Materia volátil
- ✓ Carbono fijo
- ✓ Índice de hinchamiento
- ✓ Azufre total
- ✓ Poder Calorífico
- ✓ Análisis granulométrico

Sin embargo si el carbón es coquizable o térmico, los análisis anteriores se complementan con:

- ✓ Dureza
- ✓ Análisis petrográficos
- ✓ Densimetría
- ✓ Dilatometría
- ✓ Contenido de fósforo
- ✓ Contenido de oxígeno

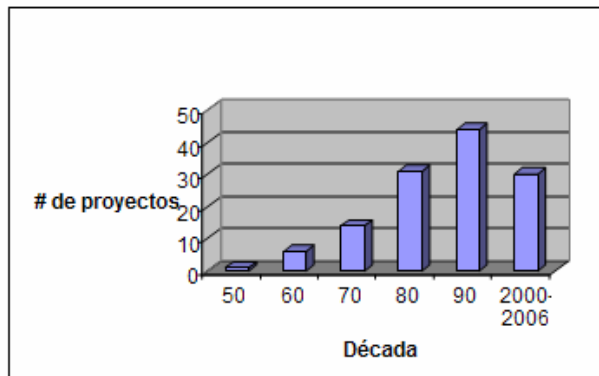
En cuanto a los que ofrecen los servicios Inspectorate Colombia Ltda e Interlabco Ltda son los laboratorios más solicitados por las empresas para la realización de estos análisis, y la Universidad Nacional de Medellín y la UPTC de Boyacá, lideran el grupo de las universidades.



**Figura 3.** Empresas prestadoras del servicio

La frecuencia con que solicitan las pruebas es muy variada dependiendo de cada empresa y sus necesidades.

En lo referente a la parte de investigación y desarrollo de proyectos de grado que se espera sea parte integral del Laboratorio de Carbones, se consulto en el catalogo bibliográfico LIBRUIS<sup>1</sup> cuantos proyectos de grado se han realizado en el área de carbones. Los resultados se relacionan en la figura 2



**Figura 4.** Número de tesis de pregrado realizados en la UIS en el área del carbón

Como se puede observar en la grafica con el paso de los años se ha venido aumentando el número de proyectos de grado en el área del carbón, sin embargo de manera opuesta a esto los laboratorios de la UIS han venido en detrimento, y no tienen las herramientas básicas para proporcionarle a los estudiantes una forma de desarrollar sus investigaciones.

## 2.4. Selección de Servicios a Prestar en el Laboratorio.

Basados en todos estos datos se establecieron las pruebas que se deben implementar en el Laboratorio de Carbones de la UIS y a continuación se describen los procesos por los que debe pasar una muestra de carbón desde el momento en que es solicitado el servicio hasta su análisis en el laboratorio:

- **Muestreo<sup>20</sup>**

El objetivo de un muestreo de carbones, es obtener una muestra parcial representativa, de tal manera que la distribución y proporción de sus variables físicas, químicas y petrográficas sean equivalentes a una unidad de muestreo.

Antes de emprender un programa de muestreo de carbones, no debe ahorrarse ningún esfuerzo en cuanto al cuidado y precisión de esta actividad, ya que de ello dependen en alto grado el éxito de las subsiguientes actividades de preparación y análisis de muestras.

Un muestreo adecuado permite evaluar o conocer entre otros los siguientes resultados:

- ✓ Caracterizar física, química, petrográfica y tecnológicamente los carbones.
- ✓ Conocer la variabilidad de los diferentes parámetros de calidad analizados.
- ✓ Planificar las etapas de desarrollo y producción de proyectos mineros.
- ✓ Definir usos industriales y tecnológicos.
- ✓ Realizar contratos de compraventa.
- ✓ Identificar problemas de tipo ambiental durante la producción, manejo, procesos de beneficio y utilización del carbón.

En este punto cabe resaltar que muchos laboratorios descuidan este aspecto ya que no tienen personal con la capacitación adecuada para que lo realicen o de hecho ni ofrecen este servicio, por lo que es de vital importancia que el Laboratorio de Carbones de la UIS lo incluya en su portafolio.

- *Tipos de muestreo*
- ✓ Muestreo en la fase exploración: Muestreo de canal, columna, apique , túneles, trincheras.
- ✓ Muestreo durante la fase de desarrollo: muestreo de perforaciones (núcleos, ripios, voladuras).
- ✓ Muestreo en la fase de producción: muestreo de pilas, silos vagones, volquetas, bandas transportadoras.
- ✓ Muestreo para propósitos especiales (como usos industriales, científicos, educativos).

Para información más específica de descripción de los diferentes tipos de muestreo remitirse a la norma ASTM D 2234

- **Preparación de la Muestra**

La fase de preparación de una muestra tiene gran importancia dado que la confiabilidad de un resultado analítico puede estar dependiendo de un 15 a 20 % de este proceso. Un análisis cuidadoso, preciso y exacto, puede no ser bueno a causa de una buena preparación de la muestra.

Al igual que el muestreo una cantidad pequeña, del orden de gramos, esta representando una cantidad total del carbón que puede ser del orden de varias toneladas.

En el proceso de preparación de la muestra y teniendo en cuenta lo heterogéneo de un carbón es importante conseguir la homogeneidad de un carbón sean las mismas en la muestra de análisis que en la muestra total.

Se considera preparación cualquier proceso previo a ser utilizado en el laboratorio, industria o mercadeo.

Durante la preparación se realizan procesos de secado (cuando es necesario), mezcla, división y reducción de tamaño de la muestra bruta que llega al laboratorio, utilizando los equipos de estufas, trituradoras y cuarteadas adecuadas. Se deben tener presente las normas a seguir y los siguientes factores:

- ✓ Normas ASTM D 2103 – Preparación de muestras de carbón para análisis, NTC 2347, ISO 1988 Carbón. Toma y preparación de muestras.
- ✓ Tamaño efectivo de partículas
- ✓ Humedad de recepción
- ✓ Determinaciones a realizar y cantidad requerida
- ✓ Si la muestra bruta ha tenido tratamiento previo

La muestra final de análisis consiste generalmente de solo 60 gramos con un tamaño de partícula menor de 0.2 mm (malla 60).

- **Análisis Físico Químicos**

A las muestras de carbón se les practicara: humedad total, humedad residual, humedad de equilibrio, materia volátil, cenizas, carbono fijo, poder calorífico, azufre total, gravedad especifica verdadera, índice de molienda, carbono, hidrogeno, nitrógeno, oxigeno, formas de azufre e Índice de Hardgrove.

## 2.5 Determinación de equipos

Con el fin de renovar y mejorar las tecnologías existentes los equipos seleccionados para el laboratorio de carbones en su fase inicial se relacionan en la tabla 4.

**Tabla 4.** Pruebas y equipos seleccionados para el laboratorio de carbones

Prueba	Equipos	Método
<b>PREPARACION</b>		
	Estufa de secado	ASTM D 2013
	Molino	
	Pulverizador	
	Cuartheador	
	Tamices	
	Balanzas	
	Muflas	
<b>ANALISIS PROXIMO</b>	LECO TGA701	Análisis termogravimetrico TGA
Humedad Residual		
Humedad Total		
Humedad de equilibrio		
Cenizas		
Materias volátiles		
Carbono fijo		
Poder calorífico	Calorímetro Parr 1261	Bomba calorimetrica
Azufre	LECO SC-144DR	
<b>ANALISIS ELEMENTALES</b>	LECO CHN-900/CHNS-932	Detección IR y por conductividad térmica
Carbono		
Hidrogeno		
Nitrógeno		
Oxígeno		
Índice de molienda Hardgrove	Molino eléctrico Hardgrove	Molienda/tamizado

## 2.6 Determinación de Requerimientos Físicos

### • Ubicación y Distribución del Laboratorio

Teniendo en cuenta las pruebas seleccionadas se establece que el laboratorio contará con 3 espacios, repartidos en las siguientes áreas:

- ✓ De preparación, molienda y granulometría
- ✓ De análisis de muestras.
- ✓ Administrativa.

#### • *Área de preparación, molienda y granulometría:*

Una vez recibida la muestra se envía a esta sección del laboratorio donde será registrada y preparada (molienda y tamizado) para los análisis que se precisen. Una vez preparada la muestra será enviada al área de pruebas en la que se realizarán los análisis solicitados.

#### • *Área de análisis de muestras:*

En esta zona se encontraran ubicados los equipos donde se desarrollaran las pruebas propuestas, organizados en subsecciones dependiendo de la prueba que se vaya realizar: análisis próximo, análisis elemental....

#### • *Área administrativa*

Dentro de esta área se llevaran a cabo las labores de recepción a las empresas interesadas en los servicios ofrecidos, también se manejaran los informes de cada prueba, el archivo con los resultados de las mismas y el material bibliográfico necesario para el laboratorio.

Para el buen funcionamiento del laboratorio y logro de los objetivos propuestos es necesario que se cuente con los elementos técnicos necesarios como computador, impresora, telefax, punto de Internet, una correcta división y amoblado de la oficina, además de una pequeña pero completa biblioteca de consulta que sirva de ayuda a los estudiantes que estén realizando proyectos en el área del carbón.

Se recomienda además un área de depósito que debe estar ubicado en el fondo del laboratorio, aislado hasta donde sea posible y lejos de salida y tránsito de personal.

### **Características básicas de la Planta Física del Laboratorio<sup>16</sup>**

- *Iluminación:* El laboratorio debe contar con suficiente y adecuada iluminación natural y artificial en todos los sitios de trabajo.
- *Acústica:* En lo referente a valores acústicos permisibles, se cumplirá con los límites reglamentados por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, en la resolución No. 001792 de 1990, para la exposición ocupacional al ruido.
- *Humedad:* Los laboratorios cualesquiera que sea su clasificación deben estar libres de humedad para garantizar una buena conservación de los equipos. La humedad relativa debe estar entre 50 y 60 %.
- *Pisos:* Los pisos deben cumplir con las siguientes condiciones: ser uniformes, impermeables, sólidos, resistentes, antideslizantes, incombustibles y de fácil limpieza y esterilización (granito pulido, baldosa retal de mármol, baldosa cerámica de tráfico pesado).
- *Cielos rasos, techos y paredes:* Deben cumplir con la siguientes condiciones: ser impermeables, sólidos de superficie lisa y que los materiales usados para sus terminados no contengan sustancias tóxicas, irritantes inflamables, cubiertos con materiales lavables y de fácil limpieza (baldosín de porcelana o pintura acrílica) que cumpla condiciones de asepsia.
- *Instalaciones:* Todas las áreas del laboratorio deben contar con instalaciones eléctricas, sanitarias e hidráulicas.
- *Instalación eléctrica:* Debe contar con circuitos eléctricos independientes, con corriente para 110 y 220 voltios si es necesario. Se debe prever estabilizador general o regulador de corriente con instalación de polo a tierra.
- *Instalaciones hidráulicas:* Las instalaciones hidráulicas deben ser suficientes en el laboratorio en los aspectos de localización y presión.

- Conexiones a puntos de red LAN.

## **2.7 Recurso Humano**

El laboratorio debe contar como mínimo con el siguiente personal:

- ✓ Jefe de laboratorio
- ✓ 2 Analistas
- ✓ Auxiliar de laboratorio

## **2.8 Requisitos Básicos para un Programa de Aseguramiento de la Calidad Analítica en el Laboratorio<sup>12</sup>**

- Mantener personal especializado y establecer un programa de entrenamiento para asegurarse que cada persona tenga los conocimientos y bases para las funciones que desarrolla.
- Disponer de procesos escritos o protocolos que guíen y documenten todos los procesos. Mantener métodos validados o normalizados.
- Establecer un sistema claro y organizado del manejo de muestras para asegurar eficiencia del proceso e integridad de la muestra.
- Mantener instalaciones de laboratorio adecuadas, bien equipadas, material de laboratorio y reactivos de optima calidad y equipos ajustados y calibrados.
- Seguir medidas estrictas del proceso de control de calidad para asegurar y demostrar repetibilidad y reproducibilidad de los resultados.
- Establecer un sistema eficiente en el manejo, registro, coherencia, archivo y recuperación de los datos.
- Auditorias internas y/o externas y acreditación del laboratorio por parte de la Superintendencia de Industria y Comercio.

En particular un sistema de gestión de calidad para un Laboratorio de Carbones implica cumplimiento de<sup>6</sup>:

### **ASTM 4621**

Describe las actividades esenciales que son requeridas para establecer y operar un sistema de gestión de calidad en un laboratorio o organización que

provee servicios en muestreo, preparación de muestras o pruebas de carbón, coque o residuos de la combustión del carbón y coque.

### **ISO 17025**

Contiene todos los requerimientos que los laboratorios de pruebas tienen que tener si ellos quisieran demostrar que operan con un sistema de calidad, son técnicamente competentes y son capaces de generar resultados técnicamente válidos.

## **2.9 Estimación de Costos de Inversión**

Los gastos de inversión corresponden a la adecuación de las instalaciones realizando reformas eléctricas, civiles y sanitarias, para la zona de funcionamiento del laboratorio y las oficinas administrativas. Esta inversión se realiza en una sola etapa y se cuenta con la asesoría del Ingeniero Juan Miguel Ortiz de Planeación UIS así como con la de Iván Rojas Camargo de Planta Física para establecer dichos costos.

Para la adquisición de los equipos básicos se realizaron algunas cotizaciones que se presentan en el Anexo F.

## **2.10 Planteamiento de Propuesta para la Ejecución del Proyecto.**

La Universidad Industrial de Santander y su oficina de Planeación cuentan con un Banco de Programas y Proyectos de Inversión y diferentes metodologías para estos. Este proyecto se enmarca dentro de los denominados TIPO A, que son aquellos que están relacionados con la producción de bienes y servicios.

Los proyectos TIPO A hacen parte de la categoría de Proyectos Mayores y su monto supera los 180 salarios mínimos legales vigentes.<sup>2</sup>

Este formato y su desarrollo se muestran en el anexo G.

### 3 CONCLUSIONES

El montaje de este laboratorio sería estratégico desde el punto de vista académico para la escuela de Ingeniería Química y para la UIS porque se convertiría en un soporte fundamental para la investigación además de permitir una mayor interacción con la industria.

La mayoría de laboratorios del país cuentan con equipos y tecnologías obsoletas además de no prestar un servicio eficiente, puntual y de alta calidad, por lo que las empresas del sector carbonífero se encuentran receptivas a la idea de otro laboratorio para que les preste servicios.

Este es un proyecto de altos costos de inversión que busca que en su primera fase se logre el montaje de equipos básicos y en otra posteriores ya siendo el laboratorio auto sostenible se puedan ir adquiriendo más equipos y tecnologías.

#### **4 RECOMENDACIONES**

Puesto que es un proyecto que implica altos costos de montaje para la UIS se recomienda buscar convenios con la Gobernación de Santander y/o otras entidades para así subsidiar alguna parte de la inversión.

Realizar estudios adicionales para la seguridad y operatividad del laboratorio (HAZOP).

En caso de que el Laboratorio de Carbones de la UIS se ponga en marcha la búsqueda de una acreditación ante la SIC es muy importante para respaldar la prestación de servicios al sector minero.

Ya que la normatividad colombiana exige el control ambiental y la correcta disposición final de residuos se debe profundizar, documentar e implementar las normas vigentes al respecto.

Buscar el aval del Consejo de Escuela y de Facultad para continuar con el proceso para la entrega del documento a Planeación UIS

## BIBLIOGRAFÍA

1. <http://alcatraz.uis.edu.co/biblioteca/>
2. <http://cardenal.uis.edu.co>
3. <http://www.colciencias.gov.co/scienti/ciencia>
4. <http://www.incar.csic.es>
5. [http://www.ingeminas.gov.co/servicios\\_de\\_laboratorio/tarifas/laboratorio\\_de\\_carbones\\_20051201283.htm](http://www.ingeminas.gov.co/servicios_de_laboratorio/tarifas/laboratorio_de_carbones_20051201283.htm)
6. <http://www.qai-online.com/utility%20coal%20conference%20feb%202002.pdf>
7. <http://www.ufps.edu.co/academia/carrer/mecanic/invest.htm>
8. [http://www.uis.edu.co/portal/investigacion/nuevo\\_diseno/investigacion.html](http://www.uis.edu.co/portal/investigacion/nuevo_diseno/investigacion.html)
9. <http://www.uis.edu.co/portal/servicios/contenido.html>
10. <http://www.unalmed.edu.co/~maesinge/labcarbones.html>
11. [http://www.upme.gov.co/Docs/Mercado\\_carbón.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Mercado_carbón.pdf)
12. INCISO, Hector, PEREZ, Fabio. Aseguramiento de la calidad analítica en laboratorios de carbones. Ingeominas. Bogota. 1991
13. OLAYA, Lilia y VALLEJO, María Isolina. Normalización de los Laboratorios de carbones, materias primas y Paz de Río de la empresa Acerías Paz del Río, S.A., siguiendo los lineamientos de las normas ISO. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales UIS. 2001

14. SALDARRIAGA, Cesar. Métodos para análisis de Carbón y Coque.. Informe Ingeominas
15. SERRANO, Carlos y VILLEGAS, Raúl. Laboratorio de combustibles, lubricantes y carbones. Santafé de Bogotá.1990
16. TAPIAS, Mireya. Elaboración de un manual guía para el montaje de un laboratorio de análisis de aguas. Bucaramanga. 2003
- 17.\_\_\_\_\_El Carbón Colombiano Recursos Reservas y Calidad. Ministerio de minas y energía, instituto colombiano de geología y minería. Bogota..
- 18.\_\_\_\_\_.La cadena del Carbón fuente de energía para el mundo. UPME
- 19.\_\_\_\_\_Memorias del seminario Aseguramiento de la calidad analítica en laboratorios de carbones. Ingeominas. Bogota. 1999..
- 20.\_\_\_\_\_Normas generales sobre muestreo y análisis de carbones. . Ecocarbón. Bogota. 1995.
- 21.\_\_\_\_\_Seminario - Taller Interlaboratorios de Carbones a Nivel Nacional : Muestreo, preparación y análisis de carbones. Bogotá. Ingeominas 1997.
- 22.\_\_\_\_\_. Resultados del Fondo Nacional de Investigación del Carbón FONIC. Periodo 1985-2003 Minercol. Bogota. 2003

# **ANEXOS**

## ANEXO A

### Principales ensayos y normas de análisis para carbones

ENSAYOS	NORMAS
<b>Físicos</b>	
Granulometría	ASTM D 4749
Gravedad específica aparente	ASTM D 167
Gravedad específica verdadera	ASTM D 167
Porosidad y área superficial	No esta estandarizada
<b>Mecánicos</b>	
Dureza	No esta estandarizada
Friabilidad	ASTM D 440
Triturabilidad	No esta estandarizada
Abrasividad	No esta estandarizada
<b>Térmicos</b>	
Conductividad térmica	No esta estandarizada
<b>Eléctricos</b>	
Conductividad eléctrica	No esta estandarizada
Constante dieléctrica	No esta estandarizada
<b>Plásticos</b>	
Índice de Hinchamiento	ASTM D 720, ISO 501, ICONTEC 2075
Dilatometría	ASTM D 5515. ISO 349, ICONTEC 2103
Plastometria	ASTM D 2639/74
<b>Petrográficos</b>	
Composición maceral	ASTM D2799
Reflectancia	ASTM D 2796
Microlitotipo	ASTM 2796
<b>Químicos</b>	
Análisis próximo	ASTM D 5142
Análisis ultimo	ASTM D 5373

## ANEXO B

### Equipos del área de carbones existentes en las Escuelas de Ingeniería Metalúrgica e Ingeniería Química

EQUIPO	RANGOS	OBSERVACIONES	MARCA	AÑO DE ADQUISICIÓN
TGA 2050 Thermogravimetric Analyzer	Velocidad: 0,1 - 50 °C/min Peso: 0,1 - 20mg.	Trabaja con atmósfera de nitrógeno	T.A. Instrument	
DSC Q10	Velocidad: 0,1 - 50 °C/min Temperatura: 30 - 550 °C.	Trabaja con diferentes atmósferas dependiendo de la muestra a tratar.	T.A. Instrument	
Balanza de plato superior mod. 750.01	Peso: 1- 1000g./ e = 0,1g.	No 36141, No Inv. 3812	OWA-LABOR	01/02/1983
Balanza de plato superior tipo 751.01	Peso: 1- 1000g./ e = 0,1g.	No 35789, No Inv. 3818	OWA-LABOR	01/02/1983
Balanza modelo BB-240. Serie K38805	0,001g	No Inv. 31002	METTLER	01/04/1998
Balanza eléctrica No 477517	Peso: 1- 10.000g	No Inv. 20670	METTLER P10	01/04/1973
Balanza capacidad 20 Kg	Peso: 1- 20.000g	No Inv. 3587	CHACIS	01/10/1976
Balanza BP 110S	Peso: 0.1mg.- 110g.		SARTORIUS	
Balanza eléctrica	0.1mg.		METTLER	
Horno-mufla mod. L100-0. Serie 1038	Temperatura: 0 - 650 °C		MLW	01/05/1983
Type 1500 Furnace	Temperatura: 0 - 1200 °C	C/A termocouple, Ext. Res. 6 OHMS.	Thermolyne subsidiary of SYBRON	
Horno modelo LEBI 28	Control: 50 - 204 °C/400 °F Termómetro: 0 - 300 °C.	2 parrillas. La capacidad de cada parrilla es de 25 lbs. Power 120V/ 60 Hz/10 AMPS/ Heater 1200 watts.	Despatch industries, inc	01/09/1987
Horno de calor radiante LAB- LINE Imperial II. Serial No 0975	Temperatura: 0 - 250 °C Termómetro: 0 - 160 °C.	Designers and Manufacturers. METROSE PARK, ILLINOIS. 120V/50- 60 Hz/10 AMPS/ 1200 watts.	LAB-LINE INSTRUMENTS, Inc.	01/05/1978

EQUIPO	RANGOS	OBSERVACIONES	MARCA	FECHA DE ADQUISICION
Horno de calor radiante LAB-LINE Imperial II. Serial No 0475	Temperatura: 0 - 250 °C Termómetro: 0 - 200 °C.	Designers and Manufacturers. METROSE PARK, ILLINOIS. 120V/50-60 Hz/7 AMPS/ 800 watts.	LAB-LINE INSTRUMENTS, Inc.	01/05/1978
Estufa original TP universal MDTV300 540609			MEMMERT	01/12/1974
Tamices en Latón MS63	0.0071, 0.008, 0.009, 0.063, 0.08, 0.09, 0.05, 0.056, 0.16, 0.20, 0.25 (2), 0.315, 0.4, 0.5 (2), 0.63, 0.65, 0.8, 1.0 (2), 1.25 (2), 1.6 (3), 2.0 (3), 2.5(3), 3.15, 4.0, 5.0, 6,3 m.m.		MLW	01/05/1983
Agitador de tamices Tipo Thur-2 No. 820104			MLW	01/05/1983
Tamices TYLER.	No. 4, 6, 8, 10, 14, 16, 18, 20, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 120.	U.S.A. Standard Testing Sieve ASTM E-11 Specification		01/05/1987
Vibrador para tamices MOD. S-74750. Portable Sieve Shaker Model RX-24 TYLER.	Tiempo de agitación: 0 - 30 min.		Sargent-w	01/05/1987
Trituradora de mandíbula 25 Kg/h		Motor: Siemens Tño 90s/ 1,8 HP/ Nr TC 229655/ $\cos\phi$ 0,81/ 1700 RPM. No. Inv. 8808		
Molino de bolas. Cap. 2 Kg/h		Motor: Siemens Tño 80/ 1,2 HP/ Nr TC 254933/ $\cos\phi$ 0,8/ 1700 RPM. No. Inv. 8807		
Bolas de 3/4", 1" y 1 9/16"		Aproximadamente 100 bolas de cada tamaño.		

<b>EQUIPO</b>	<b>RANGO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>MARCA</b>	<b>FECHA DE ADQUISICION</b>
Estufa de secado	Temperatura: 25 - 220 °C		MEMMERT	
Balanza analítica	160 g.		AINSWOR	
Bomba calorimétrica			BICASA	
Horno eléctrico	Temperatura: 0 - 1200 °C		ELECTRA	
Dilatómetro		En construcción	AUDIBERT- ARNÚ	

## ANEXO C

### 1.1.1 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLIN

#### *Laboratorio de Carbones*

TIPO DE ENSAYO	EQUIPO	PRECIO
<b>PREPARACION</b>		
Preparación de la muestra hasta 5 Kg	Trituradora de mandíbula; Molino de disco; Molino de aspas; Ro-tap; Rifles; Homogenizador de muestras.	\$ 13,000
Preparación de la muestra de 5 Kg a 20 Kg		\$ 27,000
Granulometría x malla	Ro-tap; Balanza electrónica de 2 kilos precisión 0.1 g. ; Balanza electrónica de 8 kilos precisión 0.5 g. ; Balanza electrónica de 4 kilos precisión 0.1 g.; Vibrador de cribas; Balanza Granataria	\$ 7,000
<b>ANALISIS PROXIMO</b>		
Análisis próximo completo		\$ 112,000
Humedad Residual	Estufas; MAC-500; Balanza electrónica de 125 g precisión 0.0001 g.	\$ 8,000
Humedad Total	Estufas; Balanza electrónica de 2 kilos precisión 0.1 g.; Balanza electrónica de 4 kilos precisión 0.1 g.; Balanza Granataria	\$ 13,000
Cenizas	Muflas con controladores. Balanza electrónica de 125 g precisión 0.0001 g	\$ 13,000
Materia Volátil	Muflas con controladores. Balanza electrónica de 125 g precisión 0.0001 g.	\$ 13,000
Carbono fijo		\$ 5,000
Azufre Total	Analizador de azufre LECO SC-132. Balanza electrónica de 125 g precisión 0.0001 g.; Dexionizador y destilador de agua; Agitador magnético y calentador	\$ 30,000

TIPO DE ENSAYO	EQUIPO	PRECIO
Poder Calorífico superior	Bomba calorimétrica Parr. Balanza electrónica de 125 g precisión 0.0001 g.	\$ 30,000
<b>ANALISIS DE CENIZAS</b>		
Obtención de cenizas		\$ 20,000
Composición de cenizas O. nitrosos ( por elemento) SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,		\$ 55,000
Composición de cenizas aire acetileno ( por elemento) Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,CaO, MgO,Na <sub>2</sub> O,K <sub>2</sub> O		\$ 40,000
Composición de cenizas vía húmeda SO <sub>3</sub>	Espectrofotómetro de absorción atómica; Lámparas de cátodo hueco. Balanza electrónica de 125 g precisión 0.0001 g.; Dexionizador y destilador de agua	\$ 40,000
Inquemados		\$ 13,000
<b>OTROS ANALISIS</b>		
Gravedad específica	Picnómetro; Balanza electrónica de 125 g precisión 0.0001 g.	\$ 15,000
Gravedad específica verdadera		\$ 70,000
Diferentes formas de azufre	Baño maría; Dexionizador y destilador de agua; Agitador magnético y calentador	\$ 120,000
Análisis elemental ( carbono, Hidrógeno, Nitrógeno)	Analizador CHN-600; Balanza electrónica de 125 g precisión 0.0001 g.	\$ 150,000
Dilatometría	Dilatómetro	
Índice de Hinchamiento	Horno FRIKO; Crisoles de cuarzo con tapa; Balanza electrónica de 125 g precisión 0.0001 g.	
Índice de de Molienda de Hardgrove	Molino eléctrico Hardgrove	\$ 80,000
<b>ANALISIS PETROGRAFICOS</b>		
Elaboración de sección pulida	Pulidora para secciones petrográficas	\$ 30,000
Grupo de macerales		\$ 120,000
Reflectancia media de la vitrinita	Microscopio Combi	\$ 120,000

TIPO DE ENSAYO	EQUIPO	PRECIO
Petrográfico completo, incluyendo observación en fluorescencia	Microscopios binoculares Microscopios monoculares Cámara digital Elementos de fluorescencia	\$ 270,000
Microlitotipos		\$ 200,000
LAVABILIDAD DE CARBONES EN LICORES DENSOS UTILIZANDO CLORURO DE ZINC COMERCIAL		
Selección de 10Kg de carbón	Balanza electrónica de 8 kilos precisión 0.5 g.; Balanza electrónica de 4 kilos precisión 0.1 g.	\$ 30,000
Análisis granulométrico original con mallas 2" - 1" - 3/8" - 1/4" - #10 - #18 - #20		\$ 50,000
Precio por malla		\$ 10,000
Determinación de cenizas de cabezas		\$ 20,000
Contenido de cenizas de acuerdo con a granulometría de la muestra		
Contenido de cenizas en cada fracción de acuerdo con una densidad dada entre 1.25 y 1.45 para una serie de nueve licores		\$ 180,000
<b>ANÁLISIS PARA CARBONES ACTIVADOS</b>		
Índice de yodo	Balanza electrónica de 125 g precisión 0.0001 g.; Dexionizador, destilador de agua y plato calentador	\$ 40,000
Azul de Metileno	Balanza electrónica de 125 g precisión 0.0001 g.; Dexionizador y destilador de agua	\$ 40,000

## 1.1.2 INGEOMINAS

### Laboratorio de Carbones

TIPO DE ENSAYO	EQUIPO	PRECIO
<b>PREPARACION</b>		
Preparación de la muestra hasta 5 Kg	Molinos, pulverizadores y mallas	\$ 20,062
Granulometría x malla		\$ 13,276
<b>ANALISIS PROXIMO</b>		
Preparación, humedad residual, cenizas, material volátil, carbono fijo.		\$ 75,969
Análisis próximo ampliado	LECO TGA 601/LECO MAC 400	\$128,042
Determinación de Poder calorífico bruto	Bomba Parr/Bomba LECO AC 200	\$ 52,072
Determinación de Carbono		\$ 46,614
Cenizas		\$ 22,717
Determinación de humedad residual		\$ 23,602
Determinación de poder calorífico neto		\$ 80,395
Determinación de Azufre total	LECO SC 32	\$ 52,072
Determinación de Humedad de equilibrio		\$ 58,710
<b>ANALISIS DE CENIZAS</b>		
Obtención de cenizas		\$ 25,962
Fusibilidad de Cenizas, en atmósfera oxidante o reductora	Carbolite	\$ 56,055
Fusibilidad de Cenizas, en atmósfera oxidante y reductora		\$ 93,376
Análisis Químico de Cenizas : óxidos de silicio, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, Ti, P, S.		\$ 249,445
<b>ANALISIS PETROGRAFICOS</b>		
Preparación, reflectancia vitrinita, composición maceral	Microscopio	\$ 382,797
Preparación muestra y probeta para petrografía		\$ 54,727
<b>OTROS ANALISIS</b>		
Análisis elemental ( carbono, hidrógeno, nitrógeno)	LECO CHN 600	\$ 84,083
Determinación de formas de azufre		\$ 93,376
Determinación de fósforo		\$ 37,321
Determinación de Gravedad específica verdadera.		\$ 37,321
Determinación de Índice de Hinchamiento.		\$ 14,604
Determinación de Índice de Molienda Hardgrove		\$ 93,376
Determinación de Nitrógeno		\$ 46,614
Determinación de Pérdidas por calcinación (a 750°C)		\$ 26,700
Determinación de Plastometría	Plastometro Preiser	\$ 246,937
Ensayo en el Tambor (Tumbler Test) para coque		\$ 93,376

### 1.1.3 UNIVERSIDAD DEL VALLE

#### *Laboratorio De Combustión Combustibles*

<b>TIPO DE ENSAYO</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>PRECIO</b>
<b>PREPARACION</b>		
Preparación de la muestra hasta 5 Kg		\$ 12.500
Preparación de la muestra de 5 Kg a 20 Kg		\$ 28.000
Granulometría x malla		\$ 6.100
Preparación Residuos Sólidos hasta 5 Kg		\$ 63.000
<b>ANALISIS PROXIMO</b>		
Análisis próximo completo	LECO TGA 600	\$ 102.100
Humedad Residual		\$ 7.900
Humedad Total		\$ 17.500
Cenizas		\$ 12.300
Materia Volátil		\$ 13.200
Carbono fijo		\$ 3.700
Azufre Total	LECO SC-32	\$ 28.400
Poder Calorífico superior	LECO AC-350	\$ 28.400
<b>ANALISIS DE CENIZAS</b>		
Obtención de cenizas		\$ 25.800
Fusibilidad de cenizas	LECO AF-600	\$ 133.000
Inquemados		\$ 32.600
Sulfatos en cenizas		\$ 52.700
<b>OTROS ANALISIS</b>		
Análisis elemental ( carbono, hidrógeno, nitrógeno)	LECO CHN 2000	\$ 110.900
Análisis termogravimétrico	TGA	\$ 126.100
Calorimetría de barrido diferencial	DSC	\$ 126.100
Índice de Hinchamiento		\$ 15.700

1.1.4 SGS

Laboratorio - Cúcuta

TIPO DE ENSAYO	EQUIPO
<b>MUESTREO</b>	
<b>PREPARACION</b>	Pulverizadores, Molinos Colmes
<b>ANALISIS PROXIMO</b>	
Cenizas	Hornos
Azufre	
Poder calorífico	Calorímetro Parr 1261
Materia volátil	Hornos
Humedad total	estufa
Granulometría	Mallas

Laboratorio – Barranquilla

TIPO DE ENSAYO	PRECIO
<b>PREPARACIÓN</b>	
Granulometría por malla	\$ 44,046
<b>ANALISIS PROXIMO</b>	
Análisis próximo completo	\$ 144,950
Análisis próximo normal	\$ 76,361
Análisis próximo rápido	\$ 102,621
Análisis próximo corto	\$ 125,079
Materia volátil	\$ 49,410
Cenizas	\$ 42,844
Poder calorífico bruto	\$ 98,821
Poder calorífico neto	\$ 210,771
Humedad	\$ 59,432
Azufre total	\$ 46,128
<b>ANALISIS DE CENIZAS</b>	
Análisis de minerales en cenizas de carbón	\$ 542,842
Fusibilidad de Cenizas, en atmósfera oxidante	\$ 151,514
Fusibilidad de Cenizas, en atmósfera reductora	\$ 151,514
<b>OTROS ANALISIS</b>	
Análisis elemental ( carbono, hidrógeno, nitrógeno)	\$ 214,055
Determinación de formas de azufre	\$ 158,080
Determinación de fósforo	\$ 210,992
Determinación de Gravedad específica verdadera.	\$ 95,366
Determinación de Índice de Hinchamiento.	\$ 46,128
Determinación de Índice de Molienda Hardgrove	\$ 144,952
Análisis de fósforo	\$ 210,992
Humedad de equilibrio	\$ 156,900

Acreditado según Superintendencia de Industria y Comercio

#### 1.1.5 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

##### *Laboratorio de Carbones*

<b>TIPO DE ENSAYO</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>PRECIO</b>
<b>PREPARACION</b> (20 Kg)	Molinos de disco MLW/Molino de bola/Pulverizador Holmes	\$20,600
Granulometria por malla		\$2,800
<b>ANALISIS PROXIMO</b>		
Cenizas	Horno eléctrico Mufla MLW	\$9,800
Materia Volátil	Horno eléctrico vertical con control digital de temperatura	\$12,000
Poder calorífico	PARR 1261	\$16,000
Humedad residual	Estufa MEMMER	\$8,000
Azufre	PARR 1760	\$19,000
<b>OTROS ANALISIS</b>		
Índice de Hinchamiento	FRICO	\$11,000

## 1.1.6 UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNICA DE COLOMBIA- TUNJA

### Laboratorio de Carbones y Coques

TIPO DE ENSAYO	PRECIO
<b>ANALISIS PROXIMO</b>	
Cenizas	\$ 16,320
Humedad	\$ 16,320
Materia Volátil	\$ 16,320
Análisis próximo completo	\$ 122,400
Poder calorífico	\$ 28,560
<b>ANALISIS DE CENIZAS</b>	
Fusibilidad de Cenizas, en atmósfera oxidante o reductora	\$ 142,800
Fusibilidad de Cenizas, en atmósfera oxidante y reductora	\$ 224,400
Análisis Químico de Cenizas : óxidos de silicio, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, Ti, P, S.	\$ 285,600
<b>ANALISIS PETROGRAFICOS</b>	
Reflectancia	\$ 212,600
Macerales	\$ 285,600
<b>OTROS ANALISIS</b>	
Análisis elemental ( carbono, Hidrógeno, Nitrógeno)	\$ 122,400
Azufre total y formas de azufre	\$ 114,240
Dilatometría	\$ 68,000
Plastometria	\$ 114,240
Índice de molienda	\$ 93,840
Índice de hinchamiento	\$ 48,960
Lavabilidad	\$ 856,800
<b>COQUES</b>	
<b>ANALISIS PROXIMO</b>	
Cenizas	\$ 48,960
Humedad	\$ 48,960
Materia Volátil	\$ 48,960
Análisis próximo completo	\$ 114,240
Análisis elemental ( carbono, Hidrógeno, Nitrógeno)	\$ 122,400
Índice de de Molienda de Hargrove	\$ 93,840
Poder calorífico	\$ 114,240
Ensayo en el Tambor (Tumbler Test)	\$ 69,360
Porosidad	\$ 183,600
Granulometría x malla	\$ 8,160
<b>MUESTREO</b>	
Para uso industrial	\$ 216,240
Para uso científico/educativo	\$ 285,600

### 1.1.7 .SENA

*Laboratorio del Centro Nacional Minero-Sogamoso*

	<b>TIPO DE ENSAYO</b>	<b>PRECIO</b>
<b>CARBONES</b>	Cenizas	\$ 10.000
	Materias Volátiles	\$ 10.000
	Índice de hinchamiento	\$ 15.000
	Humedad	\$ 10.000
<b>COQUE</b>		
	Cenizas	\$ 10.000
	Granulometría	\$ 15.000

### 1.1.8 ICP

<b>TIPO DE ENSAYO</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>PRECIO</b>
Humedad de carbón y coque		
Cenizas de carbón y coque		
Materia volátil de carbón y coque		
Poder calorífico	PARR 1281	\$ 46,000

Acreditado según Superintendencia de Industria y Comercio

### 1.1.9 INSPECTORATE COLOMBIA LTDA

<b>TIPO DE ENSAYO</b>
Tamaño
Humedad total
Humedad inherente
Composición de cenizas
Fusibilidad de cenizas
Materia volátil
Poder calorífico
Índice de Hinchamiento
Índice de molienda de Hardgrove
Índice de abrasión
Plastometría
Petrografía

1.1.10 LABORATORIO DE PAZ DEL RIO

<b>TIPO DE ENSAYO</b>	<b>EQUIPO</b>
<b>PREPARACION</b>	Molino cuarteador rotatorio, pulverizador vibratorio, molino de disco/de rodillos, tritador de mandíbulas
<b>ANALISIS PROXIMO</b>	TGA
Cenizas	Calcinador tipo Pozzeto
Humedad	Estufa de secado
Materia Volátil	Horno con temperatura programable
Poder calorífico	Bomba calorimétrica
Azufre	
<b>OTROS ANALISIS</b>	
Azufre total	
Fósforo	Colorímetro fotoeléctrico
Dilatometría	Dilatómetro
Índice de hinchamiento	

## ANEXO D

### Directorio del sector carbonífero colombiano

ACERIAS PAZ DEL RIO S.A.

Boyacá

Especialidad/Servicio Calizas, Carbón, Hierro

ANDINA DE COQUES Y CARBONES

Paz del Rio, Boyacá

Especialidad/Servicio Carbón Térmico, Carbón Coquizable, Coque

C.I. CARBONES DEL CARIBE S.A.

Barranquilla, Atlántico

Especialidad/Servicio Carbón

C.I. CARMINALES S.A.

Medellín, Antioquia

Especialidad/Servicio Carbón Térmico

C.I. JAM INTERNACIONAL S.A.

Bogotá

Especialidad/Servicio Carbón, Coque

C.I. PRODYSER S.A.

Bogotá

Especialidad/Servicio Carbón, Coque

CARBO LET

La Uvita, Boyacá

Especialidad/Servicio Carbón, Antracita

CARBOCOM S.A.

Bogotá, D.C. – Cundinamarca

Especialidad/Servicio Carbón

CARBOCOQUE

Lenguazaque, Cundinamarca

Especialidad/Servicio Carbón Mineral

CARBONERA EL POTRERO

Ubaté, Cundinamarca

Especialidad/Servicio Carbón

CARBONERAS CALIFORNIA

Sogamoso, Boyacá

Especialidad/Servicio Carbón

CARBONERAS EL ABEJON  
Samacá, Boyacá  
Especialidad/Servicio Carbón, Coque

CARBONERAS EL DANUBIO  
Samacá – Boyacá  
Especialidad/Servicio Carbón

CARBONES DE LOS ANDES S.A. – CARBOANDES  
Valledupar Cesar  
Especialidad/Servicio Carbón

CARBONES DE SBALETAS LTDA  
Titiribí, Antioquia  
Especialidad/Servicio Carbón Térmico

CARBONES DEL CERREJON LLC  
Barranquilla, Atlántico  
Especialidad/Servicio Carbón

CARBONES ESPITIA  
Tunja, Boyacá  
Especialidad/Servicio Carbón

CARBONES LOS CERROS PINZON VELEZ LTDA  
Zipaquirá – Cundinamarca  
Especialidad/Servicio Carbón Mineral, Carbón, Coque

CARBONES NECHI LTDA  
Medellín, Antioquia  
Especialidad/Servicio Carbón

CARBONES Y SUMINISTROS MINERALES S.A.  
Cali, Valle del Cauca  
Especialidad/Servicio Carbón

CARBONIA LTDA  
Medellín, Antioquia  
Especialidad/Servicio Carbón Mineral

CENTRAL DE CARBONES ESTAPA  
Sogamoso, Boyacá  
Especialidad/Servicio Carbón Térmico

COLUMBIA COAL COMPANY S.A.  
Guachetá, Cundinamarca  
Especialidad/Servicio Carbón

COMPAÑIA CARBONERA DE SAMACA - COMCARSA LTDA  
Samacá, Boyacá

Especialidad/Servicio Carbón

COMPAÑIA MINERO AGROPECUARIA

Sogamoso, Boyacá

Especialidad/Servicio Carbón Térmico, Carbón Coquizable

CONSORCIO MINERO UNIDO

Bogotá. D.C. – Cundinamarca

Especialidad/Servicio Carbón

COOCARBOCUBA LTDA

Ubaté – Cundinamarca

Especialidad/Servicio Carbón

COOPERATIVA CARBONERA DE SAMACA - COOCARBON LTDA

Samacá – Boyacá

Especialidad/Servicio Carbón

COOPERATIVA COMERCIALIZADORA BOYACENSE DE CARBONES - CBC

Paz Del Río - Boyacá

Especialidad/Servicio Carbón Coquizable, carbón Térmico

COOPERATIVA DE PRODUCTORES DE CARBON DE CERRO GUAYABO

LTDA – COOPROCARCEGUA

Cúcuta - Norte de Santander

Especialidad/Servicio Carbón

COOPERATIVA MINERA BOYACENSE LTDA

Sogamoso – Boyacá

Especialidad/Servicio Carbón

COPROCAÑITAS

La Uvita – Boyacá

Especialidad/Servicio Carbón Térmico, Carbón Coquizable

EXCARBON S.A.

Medellín - Antioquia

Especialidad/Servicio Carbón Mineral

GRUPO MINERO INTERNACIONAL S.A

Bogotá, D.C. - Cundinamarca

Especialidad/Servicio Carbón

HUNZA COAL COMPANY

Bogotá, D.C. - Cundinamarca

Especialidad/Servicio Carbón

INDUSTRIA CARBONERA DE LA SABANA LTDA

Bogotá, D.C. - Cundinamarca  
Especialidad/Servicio Carbón

LATINOAMERICANA DE CARBÓN LTDA  
Guachetá - Cundinamarca  
Especialidad/Servicio Carbón

MINA BUENOS AIRES  
Tunja - Boyacá  
Especialidad/Servicio Carbón

MINA EL PINO  
Topaga - Boyacá  
Especialidad/Servicio Carbón Térmico

MINA EL VOLADOR  
Tasco - Boyacá  
Especialidad/Servicio Carbón

MINA LA ESPERANZA  
Topaga - Boyacá  
Especialidad/Servicio Carbón

MINA LA MARGARITA S.A  
Medellín - Antioquia  
Especialidad/Servicio Carbón Térmico

MINA LAS MERCEDES LTDA  
Cali - Valle del Cauca  
Especialidad/Servicio Carbón

MINAS LAS HABAS & CIA LTDA  
Ubaté - Cundinamarca  
Especialidad/Servicio Carbón

MINAS LOS PAVOS - SANTACRUZ  
Zipaquirá - Cundinamarca  
Especialidad/Servicio Carbón

MINAS PEÑITAS  
Sogamoso - Boyacá  
Especialidad/Servicio Carbón

MINEROS UNIDOS S.A.  
Medellín – Antioquia  
Especialidad/Servicio Carbón

PROMINCO LTDA  
Duitama – Boyacá  
Especialidad/Servicio Coque Metalúrgico, Carbón Térmico

SOCIEDAD EXPLOTACIONES CARBONIFERAS YERBABUENA LTDA  
Bogotá, D.C. – Cundinamarca  
Especialidad/Servicio Carbón, Coque

SOCIEDAD MINERA RODIRGUEZ LTDA  
Zipaquirá – Cundinamarca  
Especialidad/Servicio Carbón Coquizable, Coque Metalúrgico

SOINCAR O.C.  
Socota – Boyacá  
Especialidad/Servicio Carbón Coquizable

SOMINERO ENERGETICA LTDA  
Ubaté – Cundinamarca  
Especialidad/Servicio Carbón Coquizable, Carbón Térmico

## ANEXO E

### Resultados del estudio de Demanda

<b>EMPRESAS</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>TIPO DE CARBÓN</b>	<b>ANÁLISIS SOLICITADOS/ FRECUENCIA</b>	<b>EMPRESA PRESTADORA DEL SERVICIO</b>
CARBONES NECHI LTDA	Medellín Antioquia	Carbón mineral	H, C, MV, CF, II, PC. Cada 2 meses	INTERLABCO LTDA, UNAL (Medellín).
CARBONES Y SUMINISTROS MINERALES S.A.	Amagá Antioquia	Carbón mineral	H, C, MV, CF, II, PC, G, AT. Mensualmente	INTERLABCO LTDA SGS (Barranquilla).
EXPOCARBÓN S.A	Medellín Antioquia	Carbón mineral	H, C, MV, CF, II, PC, AT. Diariamente	UNAL (Medellín).
CENTRAL DE CARBONES ESTEPA	Sogamoso Boyacá	Carbón Térmico	H, C, MV, CF, II, PC, AT. Mensualmente	UPTC (Boyacá), IRME.
COOPERATIVA CARBONERA DE SAMACÁ COOCARBÓN LTDA	Samacá Boyacá	Carbón mineral	H, C, MV, CF, II, PC, AT. Diariamente.	LAB MILPA, COLCARBÓN, INGEOMINAS.
COOPERATIVA COMERCIALIZADORAS BOYACENSE CARBONES ABC	Paz de Rio Boyacá	Carbón coquizable, carbón térmico.	H, C, MV, CF, II, PC, AT, AT1, PE. Diariamente.	GENSA, INGEOMINAS
COOPERATIVA MINERA BOYACENSE LTDA.	Sogamoso Boyacá	Carbón mineral	H, C, MV, CF, II, PC; AT. Permanentemente	UPTC (Boyacá), INGEOMINAS.
CARBO LET	La uvita Boyacá	Carbón mineral, Antracita	H, C, MV, CF, II, PC, AT. Permanentemente	UPTC (Boyacá), INGEOMINAS.
GRUPO MINERO INTERNACIONAL S.A	Bogotá Cundinamarca	Carbón mineral coquizable	H, C, MV, CF, II, PC, AT, R, D. Mensualmente	SGS (Barranquilla)
INDUSTRIA CARBONIFERA DE LA	Bogotá cundinamarca	Carbón mineral	H, C, MV, CF, II, PC, VE, T, C, DU.	INSPECTORATE COLOMBIA LTDA, INTERLABCO

SABANA LTDA.			Cada 2 meses	LTDA.
CARBOCOM S.A	Bogotá cundinamarca	Carbón mineral	H, C, MV, CF, II, PC, AT. Permanentemente	SGS (Barranquilla)
LATINOAMERICANA DE CARBÓN LTDA	Guachetá cundinamarca	Carbón mineral	H, C, MV, CF, II, PC, PE Mensualmente	INSPECTORATE DE COLOMBIA LTDA.
CORBONERA EL POTRERO	Ubaté cundinamarca	Carbón mineral	H, C, MV, CF, II, PC, AT, G. Diariamente	INTERLABCO LTDA
CARBONES SABALETAS LTDA	Titiribí Antioquia	Carbón térmico	H, C, MV, CF, II, PC, AT. Cada 3 meses	UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
CARBONES LOS CERROS PINZÓN VELEZ LTDA	Zipaquirá cundinamarca	Carbón Mineral	H, C, MV, CF, II, PC, AT, G. Mensualmente	UBATÉ
CARBONES DEL CERREJÓN LLC	Barranquilla Atlántico	Carbón mineral	H, C, MV, CF, II, PC, AT, G, DU. Diariamente	LAB CERREJÓN
COOCARBOCUBA LTDA	Ubaté Cundinamarca	Carbón mineral	H, C, MV, CF, II, PC, AT, G. Diariamente	LAB COOCARBOCUBA
CARBONES DE LOS ANDES CARBOANDES	Valledupar Cesar	Carbón mineral	H, C, MV, CF, II, PC, AT. Permanentemente	INSPECTORATE COLOMBIA LTDA, SGS (Barranquilla).
PROMINCO LTDA	Duitama Boyacá	Carbón bajo volátil	C Permanentemente	LABORATORIO DE ACERIAS PAZ DEL RIO.
SOCIEDAD EXPLOTACIONES CARBONIFERAS YERBABUENA LTDA.	Bogotá Cundinamarca	Carbón coque	H, C, MV, CF, II, PC, AT. Cada 6 meses	BTU (Bogotá), INSPECTORATE COLOMBIA LTDA.
ACERIAS PAZ DEL RIO S.A	Boyacá	Carbón mineral	H, C, MV, CF, II, PC, AT. Diariamente	LAB DE ACERIAS PAZ DEL RIO
SOMINERO ENERGÉTICA LTDA	Ubaté Cundinamarca	Carbón mineral	H, C, MV, CF, PC, AT, PE, D. Semanalmente	LAB COOCARBOCUBA
CORBOQUE	Lenguazaque Cundinamarca	Carbón mineral Coquizable	H, C, MV,CF, II, PC, AT, PE, DE, DU, F. Mensualmente	INSPECTORATE COLOMBIA LTDA, UNAL (Bogotá), UPTC (Boyacá), INGEOMINAS
MINA LA MARGARITA S.A.	Medellín Antioquia	Carbón térmico	H, C, MV, PC, AT	UNAL (Medellín)

## **CONVENCIONES:**

- Humedad Total: H
- Contenido de Cenizas: C
- Materia Volátil: MV
- Carbono Fijo: CF
- Índice de Hinchamiento: II
- Poder Calorífico: PC
- Azufre Total: AT
- Análisis Termogravimétrico: AT1
- Granulometría: G
- Dureza: DU
- Análisis Petrográfico: PE
- Densimetría: DE
- Dilatometría: D
- Contenido de Fósforo: F

## ANEXO F

### Cotizaciones de los equipos de laboratorio

CATEGORÍA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNIDAD (Dólares)	VLR PARCIAL (Dólares)	Observaciones
Equipo de laboratorio	LECO TGA701	GLOBAL	1	60967	60967	Cotizado por US Biosolutions Colombia
	LECO CHNS932P	GLOBAL	1	61631	61631	Cotizado por US Biosolutions Colombia
	LECO SC 144DR	GLOBAL	1	45803	45803	Cotizado por US Biosolutions Colombia
	Molino eléctrico Hardgrove 115V/60Hz	GLOBAL	1	4167	4167	Cotizado por Gilson Company
	Pulverizador Holmes	GLOBAL	1	4808	4808	Cotizado por Gilson Company
	Calorímetro Parr 1271	GLOBAL	1	3227	3227	Cotizado por Fisher Scientific
	Estufa de secado 115V, 60Hz	GLOBAL	1	3737	3737	Cotizado por Gilson Company
	Cuarteador Holmes	GLOBAL	1	1327	1327	Cotizado por Gilson Company
	Balanzas Ohaus	GLOBAL	2	1099	2198	Cotizado por Gilson Company
	Molino	GLOBAL	1	1739	1739	Cotizado por Gilson Company
	Tamices	GLOBAL	c/u	ASTM del No. 1-100 Diametro 8"	57.7	Cotizado por Laval Inc
	Mufla	GLOBAL	1	1000	1000	Cotizado por Neocitec SA

**Propuesta tipo A**  
**BPPIUIS**

**1. NOMBRE DEL PROYECTO**

Creación del Laboratorio de Carbones en la Escuela de Ingeniería Química UIS.

**2. RESPONSABLE DEL PROYECTO**

Profesor Jorge Luis Grosso

Ingeniero Químico. Universidad Industrial de Santander-Bucaramanga

[jgrosso@intercable.net.co](mailto:jgrosso@intercable.net.co)

**3. UNIDAD ACADÉMICA A LA QUE PERTENECE**

Escuela de Ingeniería Química

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas – UIS

**4. OBJETIVO GENERAL**

Crear y dotar adecuadamente el Laboratorio de Carbones de la Universidad Industrial de Santander

**5. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ✓ Establecer un laboratorio que permita aumentar el portafolio de servicios tecnológicos que ofrece la Universidad Industrial de Santander.
- ✓ Montar un laboratorio que sirva de medio para desarrollar investigación y adelantar proyectos de pregrado y postgrado.

## **6. POBLACIÓN Y/O ZONA AFECTADA**

La población afectada son todos aquellos estudiantes, docentes y/o profesionales interesados en investigar en el área de carbones; además de las empresas que requieren muestreos y análisis físico-químicos de alta calidad en este campo.

## **7. POBLACIÓN OBJETIVO DEL PROYECTO**

Se ha seleccionado como población objetivo a los estudiantes de Ingeniería Química, Ingeniería Metalúrgica, Ingeniería de Petróleos, Geología y Química, además de los grupos de investigación que se desarrollan sus actividades en el campo de los carbones.

En cuanto a las empresas mineras y carboníferas se enfocara principalmente en la zona de los departamentos de Santander, Boyacá y Norte de Santander, sin embargo se ofrecerá el servicio en general para todo el país.

## **8. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y SU EVOLUCIÓN**

En la Universidad Industrial de Santander no existe un Laboratorio de Carbones como tal, en el Laboratorio Químico de Consultas Industriales se ofrecen análisis físico-químico de aceites, combustibles, lodos y aceros y en las Escuela de Geología e Ingeniería Metalúrgica se dan servicios de caracterización mineralógica, sin embargo no es posible encontrar en un solo lugar y bajo las condiciones adecuadas un laboratorio que permita ser competitivos en este aspecto frente a otras Instituciones en el país.

Con el paso de los años se ha venido aumentando el número de proyectos de grado en el área del carbón, sin embargo de manera opuesta a esto los laboratorios de la UIS han venido en detrimento, y no tienen las herramientas básicas para proporcionarle a los estudiantes una forma de desarrollar sus investigaciones.

## **9. DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD O PROBLEMA**

Dentro de los nuevos prospectos carboníferos en Colombia se encuentra San Luis, ubicado en el departamento de Santander municipio Carmen de Chucuri, son 2.531 hectáreas con reservas probadas de 90 millones de toneladas de carbón pero con un potencial de más de 300 millones de toneladas, ubicada en una zona estratégica, con carbones térmicos, metalúrgicos con proximidad al ferrocarril del Atlántico, al río Magdalena y a la Troncal de la Paz.

Este yacimiento requiere muestreos, evaluación de calidad y análisis fisicoquímicos, que ante la ausencia de una entidad dentro del departamento que los realice están actualmente a cargo de Ingeominas

En cuanto al desarrollo de una investigación y/o proyecto de grado los estudiantes deben verse fuertemente limitados a los equipos y tecnologías existentes en sus respectivas escuelas, sin contar el hecho que en muchas ocasiones no pueden tener acceso a ellos ya que están siendo utilizados para laboratorios u otras materias.

## **10. PRINCIPALES ALTERNATIVA(S) DEL PROYECTO**

Realizar la inversión total requerida para ejecutar las obras civiles, sanitarias y eléctricas en el laboratorio de carbones y su área administrativa y adquirir el mobiliario interno

## **11. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA No. 1**

El desarrollo del proyecto Reforma y adecuación del laboratorio de carbones, se realizará en las instalaciones del mismo, ubicadas dentro de la Universidad Industrial de Santander. La implementación de la alternativa considera la contratación de organizaciones especializadas en los trabajos que se requieren como son obras civiles, obras eléctricas y dotación de mobiliario. Estos

contratistas serán dispuestos por la oficina de planeación de la UIS de acuerdo a las cotizaciones presentadas.

La alternativa, da solución al problema hasta que las nuevas obras realizadas se deterioren, cumplan la vida útil o cambien las normas de las buenas prácticas de laboratorio exigidas para un proceso de acreditación.

## **12. DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES BENEFICIOS DEL PROYECTO**

La creación de un Laboratorio de Carbones permitiría ofrecer un mejor programa a los estudiantes de materias como Tecnología de Carbones, impulsaría la investigación y facilitaría la reacreditación de la Escuela de Ingeniería Química.

Además de expandir el portafolio de servicios tecnológicos de la Universidad Industrial de Santander y permitir la vinculación de la universidad con los proyectos carboníferos que se lleven a cabo en el departamento.

## **13. EFECTO AMBIENTAL DE LA(S) ALTERNATIVA(S)**

### **Materia Prima**

La materia prima principal es carbón y algunas sustancias químicas, las cuales se encuentran controladas dentro del proceso bajo estrictas normas de seguridad de tal manera que no produzcan residuos tóxicos ni daños a las personas que trabajan con ellas.

### **Tecnología**

El laboratorio de carbones trabajaría con materiales nocivos para la salud humana como son los reactivos químicos utilizados en el análisis, pero existen las normas de seguridad necesarias para evitar que estos insumos afecten el bienestar de las personas que trabajan con ellos y de la población que se encuentra alrededor. Estas sustancias químicas son inactivadas o recicladas.

## **14. MARCO INSTITUCIONAL**

Este laboratorio estaría enmarcado dentro del portafolio de servicios de la UIS, en particular a lo que se refiere como *servicios tecnológicos* que comprenden los servicios de análisis, pruebas y ensayos de laboratorio, transferencia, innovación y desarrollo de procesos y productos, resultantes de las actividades de investigación y docencia, realizadas por las distintas unidades académicas y administrativas.

Además está acorde con el Proyecto Institucional de la Universidad, en lo referente a su política de investigación aprobada en el acuerdo 047 del 2004 y que tiene como objetivos:

Garantizar la calidad de la investigación.

Asegurar el liderazgo de la universidad en el desarrollo científico y tecnológico de la región y el país.

Participar en la identificación de las necesidades de investigación básica y aplicada, en los diferentes sectores de la región y del país.

Desarrollar proyectos que respondan a las necesidades identificadas en la región y el país.

## **15. SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO**

Los principales factores externos que pueden retrasar el desarrollo de alguna de las etapas del proyecto son:

Cierres esporádicos de la Universidad

Desastres naturales

Dificultades Económicas de la Universidad Industrial de Santander

Las fuentes de inversión y operación son posibles de conseguir: Para la fase de inversión la Universidad cuenta con fondos e ingresos destinados para construcciones, adecuaciones y mejora de la infraestructura física.

La etapa de operación y mejoramiento será financiada con los ingresos que reciba el laboratorio a través del fondo 7871 para su autosostenimiento, por concepto de la venta de servicios de análisis de carbones.