

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PORTAFOLIO DE  
SERVICIOS TECNOLÓGICOS PARA EL CDT DE GAS  
PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA  
ENERGÍA (URE) EN PROCESOS DE COMBUSTIÓN  
DE GAS NATURAL.**

**ÁLVARO GIOVANNY SILVA MURILLO  
FRANK DANIEL PEÑA PIZA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2.005**

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PORTAFOLIO DE  
SERVICIOS TECNOLÓGICOS PARA EL CDT DE GAS  
PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA  
ENERGÍA (URE) EN PROCESOS DE COMBUSTIÓN  
DE GAS NATURAL.**

**ÁLVARO GIOVANNY SILVA MURILLO  
FRANK DANIEL PEÑA PIZA**

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero Mecánico**

**Director**

**JORGE LUIS CHACÓN**

**Ingeniero Mecánico**

**LUIS EDUARDO GARCIA**

**Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2.005**

## DEDICATORIA

A Dios, por ser mi camino y mi guía,  
A mis padres por ser mi apoyo, leal e incondicional,  
A mis amigos por su colaboración y compañía.

**Álvaro Giovanni Silva Murillo**

## **DEDICATORIA**

A Dios por su amor y por ser el guía de mi vida,  
A mi familia por su esfuerzo y apoyo desinteresado.

**Frank Daniel Peña Piza**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al todo poderoso por ser mi aliento a cada instante.

A mi madre y padre por su comprensión y amor, por ser la verdad de mi vida y por permitirme salir victorioso gracias a su esfuerzo.

A Omar Gélvez Arocha y Luis Eduardo García, ingenieros mecánicos, directores del proyecto y amigos, por su respaldo, confianza y colaboración oportuna.

A Frank y otros amigos por su incondicionalidad y ayuda.

**Álvaro Giovanni Silva Murillo**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios porque gracias a él todo es posible.

A mis padres porque gracias a su amor y esfuerzo he salido victorioso en  
todas las etapas de mi vida.

A Omar Gélvez Arocha, ingeniero mecánico, director del proyecto y amigo,  
por su respaldo, confianza y colaboración incondicional y oportuna.

A Luís Eduardo García, ingeniero mecánico, director del proyecto y amigo,  
porque guió el camino para la realización del proyecto.

A Álvaro Silva por ser mi compañero y amigo.

Al cuerpo docente de la escuela de ingeniería mecánica, en especial a los  
profesores Abel Parada y Juan Francisco Maradey.

A todos mis amigos por constante apoyo y respaldo, en especial a Olga C.  
Rodríguez por su ayuda en los momentos difíciles.

**Frank Daniel Peña Piza**

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**ACPM:** Se entiende por ACPM, el aceite combustible para motor, el diesel marino o fluvial, el marine diesel, el gas oil, diesel número 2, electrocombustible o cualquier destilado medio y/o aceites vinculantes, que por sus propiedades físico químicas al igual que por sus desempeños en motores de altas revoluciones, puedan ser usados como combustible automotor. Se exceptúan aquellos utilizados para generación eléctrica en Zonas No interconectadas, el turbocombustible de aviación y las mezclas del tipo IFO utilizadas para el funcionamiento de grandes naves marítimas.

**Auditoría energética:** Es el fundamento de cualquier programa de administración energética, de las empresas que deseen controlar su costo de energía; permite un análisis de costos y usos de la energía, identificando las áreas donde ocurren desperdicios de energía y donde es posible hacer mejoras.

**Cadena Energética:** Es el conjunto de todos los procesos y actividades tendientes al aprovechamiento de la energía que comienza con la fuente energética misma y se extiende hasta su uso final.

**Carbón:** Combustible sólido de origen vegetal; sustancia fósil, dura, bituminosa y térrea, de color oscuro o casi negro, que resulta de la descomposición lenta de la materia leñosa. Ciertos productos de la combustión del carbón pueden tener efectos perjudiciales sobre el medio ambiente. Al quemar carbón se produce dióxido de carbono entre otros compuestos.

**Carencia de aseguramiento metrológico:** frase utilizada para expresar la falta de calibración de equipos y de instrumentación para medir magnitudes.

**Desarrollo sostenible:** Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.

**Efecto de invernadero:** Término que se aplica al papel que desempeña la atmósfera en el calentamiento de la superficie terrestre. La atmósfera es prácticamente transparente a la radiación solar de onda corta, absorbida por la superficie de la Tierra. Gran parte de esta radiación se vuelve a emitir hacia el espacio exterior con una longitud de onda correspondiente a los rayos infrarrojos, pero es reflejada de vuelta por gases como el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso, los clorofluorocarbonos (CFC) y el ozono, presentes en la atmósfera. Este efecto de calentamiento es la base de las teorías relacionadas con el calentamiento global.

El contenido en dióxido de carbono de la atmósfera se ha incrementado como consecuencia del uso de combustibles fósiles como el petróleo, el gas y el carbón; la destrucción de bosques tropicales por el método de cortar y quemar también ha sido un factor relevante que ha influido en el ciclo del carbono. El efecto neto de estos incrementos podría ser un aumento global de la temperatura, estimado entre 1,4 y 5,8 °C entre 1990 y 2100. Este calentamiento puede originar importantes cambios climáticos, afectando a las

cosechas y haciendo que suba el nivel de los océanos. De ocurrir esto, millones de personas se verían afectadas por las inundaciones.

**Eficiencia Energética:** Es la relación entre la energía aprovechada y la total utilizada en cualquier proceso de la cadena energética, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.

**Energías renovables:** también llamada energía alternativa o blanda, este término engloba una serie de fuentes energéticas que en teoría no se agotarían con el paso del tiempo. Estas fuentes serían una alternativa a otras tradicionales y producirían un impacto ambiental mínimo, pero que en sentido estricto ni son renovables, como es el caso de la geotermia, ni se utilizan de forma blanda. Las energías renovables comprenden: la energía solar, la hidroeléctrica (se genera haciendo pasar una corriente de agua a través de una turbina), la eólica (derivada de la solar, ya que se produce por un calentamiento diferencial del aire y de las irregularidades del relieve terrestre), la geotérmica (producida por el gradiente térmico entre la temperatura del centro de la Tierra y la de la superficie), la hidráulica (derivada de la evaporación del agua) y la procedente de la biomasa (se genera a partir del tratamiento de la materia orgánica).

**Gas natural:** Mezcla de gases entre los que se encuentra en mayor proporción el metano. Se utiliza como combustible para usos domésticos e industriales. La proporción en la que el metano se encuentra en el gas natural es del 75 al 95% del volumen total de la mezcla (por este motivo se suele llamar metano al gas natural). El resto de los componentes son etano, propano, butano,

nitrógeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, helio y argón. Antes de emplear el gas natural como combustible se extraen los componentes más pesados, como el propano y el butano.

**Impacto ambiental:** término que define el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente.

**Medio ambiente:** Conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos) que integran la delgada capa de la Tierra llamada biosfera, sustento y hogar de los seres vivos.

**Programas URE:** Programas graduales para que toda la cadena energética, cumpla permanentemente con los niveles mínimos de eficiencia energética y sin perjuicio de lo dispuesto en la normatividad vigente sobre medio ambiente.

**Racionalizar:** organizar la producción y el trabajo de manera que aumente el rendimiento y se reduzcan los costos con el mínimo esfuerzo.

**Relación energía - medio:** esta relación hace referencia al equilibrio que se debe alcanzar entre el medio ambiente y energía suministrada por los combustibles que causan deterioro del medio.

**Servicios energéticos:** Es una gama de servicios técnicos y comerciales que buscan optimizar y/o reducir el consumo de toda forma de energía por parte de los usuarios finales. Para el caso del servicio público de energía eléctrica y gas es un servicio inherente.

**URE:** Es el aprovechamiento óptimo de la energía en todas y cada una de las cadenas energéticas, desde la selección de la fuente energética, su producción, transformación, transporte, distribución, y consumo incluyendo su reutilización cuando sea posible, buscando en todas y cada una de las actividades, de la cadena el desarrollo sostenible.

**Uso eficiente de la energía:** Es la utilización de la energía, de tal manera que se obtenga la mayor eficiencia energética, bien sea de una forma original de energía y/o durante cualquier actividad de producción, transformación, transporte, distribución y consumo de las diferentes formas de energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad, vigente sobre medio ambiente.

## ABREVIATURAS Y SIGLAS

ACPM: Aceite combustible para motor.

A/F: Relación aire - combustible

AMDB: Área metropolitana de Bucaramanga.

ASME: American Society of Mechanical Engineers.

CAR: Corporaciones Autónomas Regionales.

CDT de GAS: Centro de desarrollo tecnológico del gas.

CER: Certificados de reducción de emisiones.

CO: Monóxido de carbono.

CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono.

CONPES: Consejo nacional de política económica y social.

DDM: Depende del material.

FDT: Frecuencia de trabajo.

GLP: Gas licuado del petróleo.

GN: Gas natural.

GPA: Gas Processors Association.

H<sub>2</sub>S: Ácido Sulhídrico.

IDEAM: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales.

MAVDT: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.

MP: Material particulado.

NO<sub>x</sub>: Óxidos de nitrógeno.

WEC: World Energy Council – Consejo mundial de energía.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	1
1. CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL GAS.....	3
2. ENERGÍA. ....	5
2.1. USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGÍA.....	6
2.2. LEYES COLOMBIANAS SOBRE URE Y MEDIO AMBIENTE.....	7
3. GAS NATURAL. ....	11
3.1. PROPIEDADES DEL GAS NATURAL.....	14
3.2. COMPOSICIÓN DEL GAS NATURAL.....	15
3.3. PLAN DE MASIFICACIÓN DEL GAS NATURAL.....	15
3.4. PRINCIPALES USOS DEL GAS NATURAL EN COLOMBIA. ....	16
4. CALDERAS, HORNOS Y SECADORES.....	18
4.1. CALDERAS.....	18
4.1.1. Clasificación de las calderas. ....	18
4.2. HORNOS.....	20
4.3. SECADORES.....	21
5. METODOLOGÍA DE ESTUDIO ENERGÉTICO DEL SECTOR INDUSTRIAL QUE CONSUME GAS NATURAL EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA.....	24
5.1. DOCUMENTACIÓN.....	26
5.2. DISEÑO Y ELABORACIÓN DE LA ENCUESTA.....	26
5.2.1. Realización de la encuesta. ....	27
5.3. FASE DE CONTACTO CON EL SECTOR INDUSTRIAL. ....	28

5.4. DESARROLLO DE LAS ENCUESTA, VISITA Y ENTREVISTA. ....	29
5.5. ANÁLISIS Y DIAGNOSTICO DEL ESTUDIO.....	30
5.6. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL PORTAFOLIO. ....	30
6. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL ESTUDIO REALIZADO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA.....	31
6.1. ANÁLISIS DEL ESTUDIO ENERGÉTICO. ....	32
6.1.1. Características de las calderas del AMDB. ....	35
6.1.2. Características de los hornos en el AMDB .....	39
6.1.3. Características de los secadores del AMDB. ....	42
6.2. DIAGNÓSTICO ESTADÍSTICO DEL ESTUDIO ENERGÉTICO.....	43
6.2.1. Relacionado con la Operación de los equipos. ....	43
6.2.2. Relacionado con las instalaciones. ....	44
6.2.3. Relacionado con el impacto ambiental.....	44
6.2.4. Relacionado con el conocimiento de URE. ....	46
6.2.5. Relacionado con el consumo de GN.....	48
6.2.6. Relacionado con el mantenimiento y nivel tecnológico. ....	50
7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL GAS NATURAL FRENTE A OTROS COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN EL AMDB. ....	53
7.1. CUADRO COMPARATIVO DE LOS DIFERENTES COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA. ....	55
7.1.1. Emisiones de gases.....	58
8. RECOMENDACIONES PARA LOS EQUIPOS DEL AMDB.....	61
8.1. RECOMENDACIONES PARA CALDERAS.....	61
8.2. RECOMENDACIONES PARA HORNOS INDUSTRIALES. ....	67
8.3. RECOMENDACIONES PARA SECADORES .....	70
9. PORTAFOLIO DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS A OFRECER POR EL CDT DE GAS PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGÍA (URE) EN PROCESOS DE COMBUSTIÓN DE GAS NATURAL.....	71

9.1. PERSONAL NECESARIO EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PORTAFOLIO DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS.....	74
9.1.1. Personal de gestión.....	74
9.1.2. Personal de mantenimiento.....	75
9.2. EQUIPOS A UTILIZAR POR EL PERSONAL DE GESTIÓN.....	75
9.3. EQUIPO A UTILIZAR POR EL PERSONAL DE MANTENIMIENTO.....	77
10. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	78
10.1. ESTÁNDARES TÉCNICOS.....	79
10.2. MÉTODO DE BALANCE DE ENERGÍA Y MÉTODO DE ENTRADAS Y SALIDAS.....	79
10.2.1. Cálculo de la eficiencia total de caldera: por el método directo.....	81
10.2.2. Cálculo de la eficiencia total de caldera: por el método indirecto.....	82
10.3. CÁLCULO DE EFICIENCIA DEL PROCESO.....	95
OBSERVACIONES.....	98
CONCLUSIONES.....	99
RECOMENDACIONES.....	102
BIBLIOGRAFÍA.....	104
ANEXOS.....	110

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Consumo de energía final en Colombia.....	7
Figura 2. Corte de una caldera pirotubular.....	18
Figura 3. Horno para forja .....	20
Figura 4. Metodología de estudio energético.....	25
Figura 5. Diagrama de Sankey .....	83
Figura 6. Flujograma para el cálculo de eficiencia por el método indirecto....	84
Figura 7. Flujograma para el cálculo de pérdidas por radiación y convección. .....	85
Figura 8. Plantilla de cálculo de pérdidas en calderas.....	86
Figura 9. Plantilla de cálculo de la humedad del aire.....	89
Figura 10. Plantilla de cálculo del volumen real de gas natural.....	92
Figura 11. Plantilla de cálculo del factor de compresibilidad.....	92
Figura 12. Plantilla para el cálculo de los calores perdidos por radiación y convección. ....	95
Figura 13. Plantilla de cálculo de las pérdidas por tramo de tubería.....	96

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>Pág.</b>
Gráfica 1. Reservas mundiales de gas probadas a finales de 1999.....	13
Gráfica 2. Evolución de las reservas de GN en Colombia a finales de 2003....	14
Gráfica 3. Empresas que presentan los mayores consumos de gas natural en el área metropolitana de Bucaramanga. ....	34
Gráfica 4. Sectores de producción del área metropolitana de Bucaramanga..	35
Gráfica 5. Concepto empresarial sobre las emisiones de gases producto de la combustión.....	44
Gráfica 6. Existencia de registros sobre las emisiones de gases producto de la combustión de GN. ....	45
Gráfica 7. Concepto empresarial sobre auditorias energéticas para el control de emisiones de gases producto de la combustión de GN.....	45
Gráfica 8. Concepto empresarial sobre el rendimiento de los equipos que consumen GN. ....	46
Gráfica 9. Estudios para calcular el rendimiento de los equipos a GN.....	47
Gráfica 10. Conformidad con el rendimiento de los equipos a GN.....	47
Gráfica 11. Concepto sobre aumento en el rendimiento de los equipos a GN. .....	48
Gráfica 12. Producción vs consumo de GN.....	49
Gráfica 13. Registros de consumo de GN. ....	49
Gráfica 14. Mantenimiento outsourcing. ....	50
Gráfica 15. Ventajas del Gas Natural.....	54
Gráfica 16. Desventajas del Gas Natural.....	55
Gráfica 17. Concentraciones de CO, O <sub>2</sub> .....	62

Gráfica 18. Control de exceso de aire CO vs O <sub>2</sub> .....	63
Gráfica 19. Pérdidas de calor en líneas de vapor sin aislar.....	64

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Servicios tecnológicos del CDT de GAS.....	4
Tabla 2. Composición del gas natural .....	15
Tabla 3. Principales usos del gas natural en Colombia.....	17
Tabla 4. Clasificación de equipos que consumen GN en el AMDB. ....	33
Tabla 5. Marcas de las calderas que consumen GN en el AMDB. ....	37
Tabla 6. Potencia de las calderas que consumen GN en el AMDB. ....	38
Tabla 7. Frecuencia de purga de las calderas que consumen GN en el AMDB .....	39
Tabla 8. Equipos que consumen gas natural en FORCOL S.A. ....	41
Tabla 9. Características de los secadores y del proceso de secado.....	42
Tabla 10. Ventajas y desventajas del gas natural según empresas del AMDB. ....	53
Tabla 11. Cuadro comparativo de los diferentes combustibles utilizados en el AMDB. ....	56
Tabla 12. Consumo de combustible para 46 GJ. ....	58
Tabla 13. Emisiones y Residuos ocasionados por el carbón. ....	59
Tabla 14. Emisiones y residuos ocasionados por ACPM y GN.....	59
Tabla 15. Pérdidas de calor en equipos sin aislar. ....	65
Tabla 16. Personal de gestión. ....	75
Tabla 17. Personal de Mantenimiento. ....	75
Tabla 18. Equipos a utilizar por el personal de gestión.....	76
Tabla 19. Equipo a utilizar por el personal de mantenimiento. ....	77

Tabla 20. Ventajas y desventajas de los métodos para el cálculo de  
eficiencia. .... 80

## TABLA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Leyes colombianas sobre URE y medio ambiente.	111
Anexo B. estado del arte sobre URE.	127
Anexo C. Composición del gas natural.	130
Anexo D. Cobertura del servicio de gas natural en Colombia.	137
Anexo E. Empresas y principales consumidores de gas natural en el área metropolitana de Bucaramanga distribuido por GASORIENTE S.A.	143
Anexo F. Encuesta.	147
Anexo G. Tipos de calderas en la industria del área metropolitana de Bucaramanga.	153
Anexo H. Parámetros para la necesidad y organización del mantenimiento.	156
Anexo I. Nivel tecnológico de la industria del área metropolitana de Bucaramanga.	158
Anexo J. Deficiencias energéticas presentes en las empresas del área metropolitana de Bucaramanga.	161

## RESUMEN

### TÍTULO:

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PORTAFOLIO DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS PARA EL CDT DE GAS PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA (URE) EN PROCESOS DE COMBUSTIÓN DE GAS NATURAL.\***

### AUTORES:

Álvaro Giovanni Silva Murillo.

Frank Daniel Peña Piza. \*\*

### PALABRAS CLAVES:

Uso racional de energía, Gas natural, Energía, Equipos consumidores de gas natural, Medio ambiente, Portafolio de Servicios, eficiencia energética.

### DESCRIPCIÓN:

El objetivo de este proyecto es contribuir al desarrollo tecnológico de la Universidad Industrial de Santander, la industria local y el progreso del país;

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Jorge Chacón.

en el campo del uso racional y eficiente de energía, y fortalecer los lazos de desarrollo conjunto entre la universidad y la industria.

El concepto de eficiencia energética y uso racional de energía en el ámbito empresarial de la industria bumanguesa y su área metropolitana es un tema prácticamente desconocido.

Con base en las encuestas, visitas y entrevistas desarrolladas a 29 de 34 empresas seleccionadas, se realizó un diagnóstico y análisis del estado energético existente en el área metropolitana de Bucaramanga, el cual fue tabulado y clasificado de acuerdo con los parámetros a evaluar.

Los parámetros, plantillas de cálculo, equipos y personal necesario para lograr una evaluación de la eficiencia energética existente en las empresas del área metropolitana que consumen gas natural; y en especial, en aquellas cuyos procesos productivos están ligados a la generación de vapor, se encuentran establecidos en este trabajo de grado, sustentado por la metodología de estudio expuesta y en el portafolio de servicios a ofrecer por el CDT de GAS.

## **ABSTRACT**

### **TITLE:**

**DESIGN AND ELABORATION OF A TECHNICAL SERVICES PORTFOLIO FOR THE GAS TDC FOR THE RATIONAL AND EFFICIENT USE OF ENERGY (RUE) IN NATURAL GAS COMBUSTION PROCESSES.\***

### **AUTHORS:**

Álvaro Giovanni Silva Murillo.

Frank Daniel Peña Piza. \*\*

### **KEY WORDS:**

Rational use of energy, natural gas, Energy, natural gas consumer devices, environment, Service Catalogue, energetic efficiency.

### **DESCRIPTION:**

The goal of this project is to contribute to the technical development of the Universidad Industrial de Santander, local industry and the growth of the

---

\* Degree thesis.

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering, Mechanical Engineering School, Eng. Jorge Chacón.

country; in the issues of the rational and efficient use of energy, and to reinforce the ties of the mutual development between the University and the Industry.

The concept of energetic efficiency and rational use of Energy in the company fields of the industry in Bucaramanga and its metropolitan area is a practically unknown item.

Based on the surveys, visits and interviews carried out to 29 of the 34 selected companies, a diagnosis and analysis of the actual energetic state in the metropolitan area of Bucaramanga were developed, which were tabulated and ranked according to the parameters to be evaluated.

The parameters, calculation templates, equipment and personnel necessary for achieving an evaluation of the energetic efficiency that exists in the companies of the metropolitan area of Bucaramanga that consume natural gas, and specially in those which productive processes are linked to steam generation, are established in this degree work, sustained by the investigation methodology explained in it and by the services portfolio offered by the GAS TDC.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo actual y prospectivo del país requiere de acciones encaminadas a reducir costos, aumentar la competitividad de las empresas, contribuir a la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, ante una economía cada más abierta y globalizada. La eficiencia energética en la producción, distribución y uso de energía, es una de las principales áreas de oportunidad para reducir costos, proteger el medio ambiente e incrementar la competitividad de las empresas.

Eficiencia energética en el ámbito empresarial implica lograr un nivel de producción o servicios, con los requisitos de calidad establecidos por el cliente, con los menores consumos y costos energéticos posibles, y con la menor contaminación ambiental.

En la actualidad existe una preocupación mundial por los efectos causados por la emisión de contaminantes ocasionados por las fuentes de energía. Así, por ejemplo, el cambio climático global, debido a la acumulación de gases de efecto invernadero provenientes, en su mayoría de la quema de combustibles fósiles; esta preocupación se refleja en la creación del protocolo de Kyoto como una respuesta para enfrentar este problema.

También se manifiesta en la Cumbre de Río donde se adoptó la agenda 21, la cual incluye la necesidad de aumentar la eficiencia en el uso de recursos, entre ellos los combustibles, la utilización de materiales e instalación de dispositivos para la reducción de la contaminación. En el plan energético nacional, uno de los objetivos fundamentales es el incremento del consumo

de gas natural y lograr mayor coordinación entre los sectores del gas y la energía eléctrica. La utilización del gas natural representa un aspecto positivo desde el punto de vista ambiental, en términos de alternativa frente a otras fuentes convencionales más contaminantes; sin embargo, también es un recurso no renovable.

Teniendo en cuenta todas las ventajas de utilizar gas natural como fuente energética en los procesos de combustión en el sector industrial y directamente en el área metropolitana de Bucaramanga, se puede observar que la mayoría de sus procesos están encaminados a la producción, distribución y consumo de vapor. En el presente trabajo se establecerán los criterios con el objeto de elaborar un plan de racionalización de energía en el proceso de producción, distribución y consumo de vapor los cuales quedaran registrados en el portafolio de servicios a elaborar por parte de los autores y que ofrecerá el CDT de GAS.

Con la aplicación de buenas prácticas operativas y de mantenimiento, es posible mejorar la eficiencia de las calderas, con la consiguiente reducción de costos de combustible<sup>1</sup>(entre un 5% y un 20 %), además de alargar la vida útil de los equipos, garantizar mayor seguridad en la operación y reducir efectos nocivos sobre la salud y el medio ambiente.

---

<sup>1</sup> Memorias primer congreso internacional sobre uso racional y eficiente de la energía-2004.; "Reducción de los costos energéticos en sistemas de generación de vapor", PhD. Campos Avella J. C, MsC. Carmona Gabriel, MsC. López Forero David.

## **1. CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL GAS.**

El Centro de Desarrollo Tecnológico del gas es una entidad privada sin ánimo de lucro, independiente, imparcial y competente, creada por el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP) y la Universidad Industrial de Santander (UIS).

El CDT de GAS, hace parte del Sistema Nacional de Innovación (SNI) y esta alineado con el marco legal de la política reciente de desarrollo científico y tecnológico que la conforman la constitución de 1991, la ley 29 de 1990, CONPES 3080 2000–2002 y los Decretos Ley 393 , 585, 591 de 1991.

Gracias a su vinculación con COLCIENCIAS y la UIS, el CDT de GAS esta estudiando la implementación de un portafolio de servicios tecnológicos para el uso racional del gas natural en procesos de combustión; este estudio busca encontrar las deficiencias energéticas que presenta el sector industrial; así como las causas que las originan buscando el incremento de productividad, competitividad y la disminución del impacto ambiental de la industria del sector regional y nacional que consumen gas natural.

El CDT de GAS ofrece al sector industrial, los servicios tecnológicos observados en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Servicios tecnológicos del CDT de GAS

Control de calidad de accesorios y equipos	Prueba de Accesorios
	Prueba a Gasodomésticos
	Pruebas Hidrostáticas
Calibración de medidores de flujo de gas	Patrón tipo Pistones
	Patrón Gravimétrico
	Cámaras Húmedas
	Campana Gasométrica
	Boquillas Sónicas
Inspección de estaciones de medición de gas natural	AGA 3 - AGA 8
	AGA 7
	AGA 9
	AGA 11
	ESTACIONES GNVC
Diseño, construcción y suministro	Diseño y construcción de Cámaras Húmedas
Formación de personal	Capacitaciones teórico - prácticas
Optimización Energética	Calibración de isocinéticos
	Muestreo de productos de la combustión

Fuente: Centro de desarrollo tecnológico de gas - CDT de GAS.

## 2. ENERGÍA.

La vida, la naturaleza y todos nosotros somos una manifestación de un potencial infinito que se manifiesta energéticamente, las empresas hacen parte de este movimiento energético. La energía es la fuente de todos los movimientos del universo dando dinamismo y vida a los sistemas.

La energía se presenta en múltiples formas, siendo el calor la más intuitiva de todas. Éste se presenta como energía en movimiento a través de las fronteras de los sistemas, impulsado por la diferencia de temperatura entre el sistema y el ambiente que lo rodea.<sup>2</sup>

Colombia es un país que cuenta con una variedad de recursos energéticos y se quiere contar con todos éstos, pero no se trata de dar una visión de autosuficiencia con recursos propios, Colombia lo que debe buscar es una integración energética a nivel regional y global; el país debe tener en cuenta sus recursos, pero también debe considerar los de los países vecinos, así como debe participar los recursos sobrantes que se puedan ofrecer a estos países.

Un término que se debe tener en cuenta es la relación energía - medio ambiente, debido a que por la búsqueda de energía no se puede deteriorar el medio ambiente, lo que se debe buscar es el mejoramiento de la calidad ambiental en todas las instancias.

---

<sup>2</sup> Tomado de: PDF - Guías de buenas prácticas en el uso racional de la energía en el sector de las pymes - Centro nacional de producción más limpia.

## **2.1. USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGÍA.**

El uso racional y eficiente de la energía, entendido como el aprovechamiento óptimo de la energía, de tal manera que se obtenga la mayor eficiencia energética, bien sea de una forma original de energía y/o durante cualquier actividad de producción, transformación, transporte, distribución y consumo de las diferentes formas de energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad, vigente sobre medio ambiente.

Según estimaciones del World Energy Council (WEC), de continuar con los actuales niveles de consumo, la demanda de energía crecerá al 2,6% anual en los países en desarrollo, y de acuerdo a este escenario, alcanzarán el nivel total de consumo de los países desarrollados hacia el año 2015, doblándolo hacia el año 2050; sin embargo los niveles de consumo de energía por habitante continuarán siendo una cuarta parte del consumo por habitante en los países desarrollados.

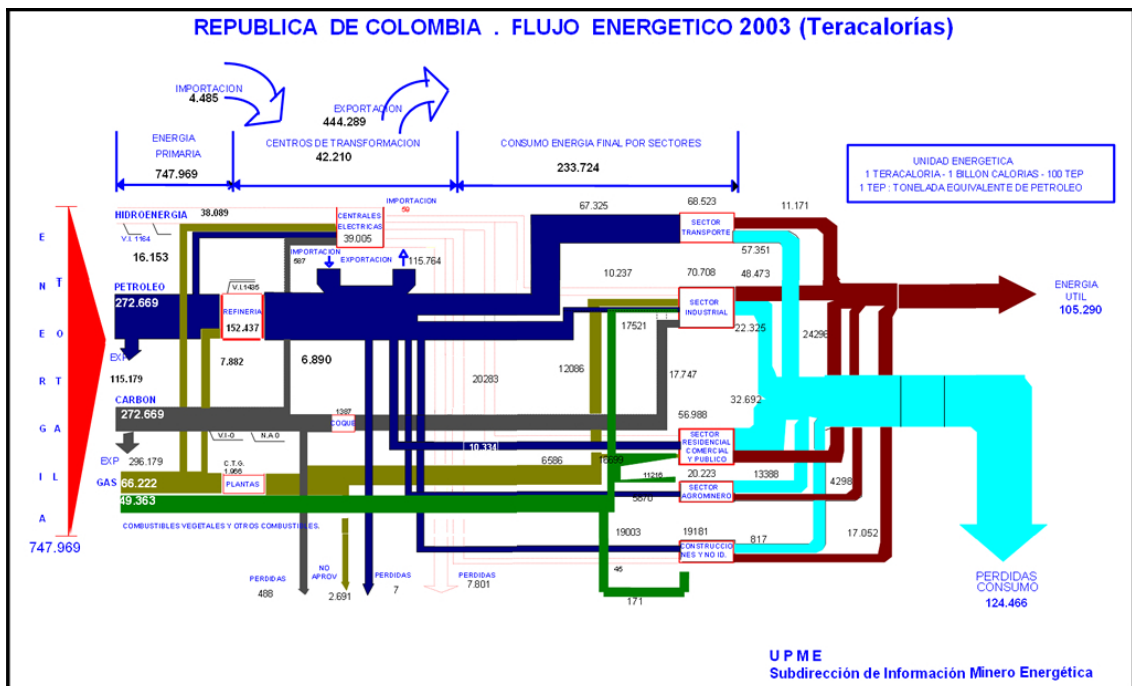
A nivel mundial se ha entendido que la mayoría de los recursos que actualmente se utilizan para obtener energía son agotables (no renovables), y el ritmo de consumo energético está en aumento, por esto la investigación sobre energías renovables y el uso racional y eficiente de energía (URE) es tema de todos los días.

También se ha demostrado que los programas para el uso racional y eficiente de energía ofrecen mayores beneficios para los productores y consumidores de energía, la implementación de estos programas URE en el sector industrial harían a este sector más eficiente y competitivo, debido a que se reducirían el

costo de producción y consumo de energía, mejorando así su desempeño total.

El consumo de energía final por sectores en Colombia fue de 233724 Teracalorías (9.78E17 J) en el año 2003 y las pérdidas de energía por consumo fueron 124466 Teracalorías (9.78E17 J) el cual equivale al 53.25%, como se puede observar en la Figura 1, esto implica que se necesita un fuerte programa de uso racional y eficiente de energía.

Figura 1. Consumo de energía final en Colombia.



Fuente: UPME-Subdirección de información Minero Energética.

## 2.2. LEYES COLOMBIANAS SOBRE URE Y MEDIO AMBIENTE.

Colombia ha entendido la preocupación mundial sobre el uso racional y eficiente de la energía, para lo cual estableció la ley URE (ley 697 de 2001), la

cual fomenta el uso racional y eficiente de la energía y promueve la utilización de energías alternativas, marcado en algunos beneficios tributarios, a través de la exención de impuestos y comercialización de emisiones con mecanismos como los certificados de reducción de emisiones (CER`s), para las empresas que comiencen a utilizar energías renovables e implementen URE para que aumenten su eficiencia y mejoren su tecnología.<sup>3</sup> También estableció el decreto 3886 de 2003 el cual reglamenta esta ley (ver anexo A).

A nivel mundial se han venido realizando acuerdos para reducir los contaminantes lesivos para el ecosistema y la humanidad. La convención de Basilea y los protocolos de Montreal y Kyoto inciden de manera directa en el sector energético. Colombia ratificó esta convención mediante la ley 164 de 1995 y el protocolo de Kyoto mediante la ley 629 de 2000. Debido a que Colombia es un país en vía de desarrollo, su aporte a los gases de efecto de invernadero ha sido mínimo, la contribución total de América Latina al problema es de 5% de las emisiones mundiales<sup>4</sup>, pero esto no la excluye de los efectos de cambio climático.

- El Protocolo de Kyoto es un documento que contiene 28 artículos y 2 anexos que tratan entre otros los temas de: limitación de emisiones y compromisos de reducción (Artículo 3), transferencia y comercio de unidades de reducción de emisiones (implementación conjunta o Joint Implementation) (Artículos 6 y 17), mecanismos financieros (Artículo 11), mecanismo de desarrollo limpio (Artículo 12), lista de gases de efecto invernadero y

---

<sup>3</sup> Es importante hacer énfasis que estos beneficios no cubren los combustibles fósiles, por lo cual actualmente se adelantan propuestas en el congreso de la república para que las empresas que trabajan estos combustibles sean partícipes de estos beneficios.

<sup>4</sup> PDF - Energías renovables y eficiencia energética en América Latina y el Caribe.

categorías de sectores/fuentes, y metas de limitación a las emisiones o reducciones comprometidas por las Partes.

Este tratado establece que los países industrializados deben reducir, antes del año 2012, sus emisiones de gases causantes del efecto invernadero a niveles de un 5% más bajos de los registrados en 1990.

- En el Protocolo de Montreal, renegociado en 1990 y 1992, se establecieron los calendarios de reducción progresiva de los clorofluorocarbonos (CFCs) y las ayudas a los países en vías de desarrollo para realizar esta eliminación.

En diciembre de 1999, la Comisión Permanente del Protocolo de Montreal anunció que la mayor parte de la producción de sustancias que dañan la capa de ozono se había eliminado en los países industrializados, si bien no es el caso de los países en vías de desarrollo, los cuales deben adaptar los sistemas de producción a las obligaciones que marca dicho protocolo.

De acuerdo con la Ley 99 de 1993, compete al MAVDT promulgar, con base en información técnica provista por el IDEAM, las regulaciones nacionales para el control de la contaminación del aire. A las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) y autoridades ambientales de los centros urbanos les compete ejercer el control policivo de las fuentes de contaminación, exigir el cumplimiento de las regulaciones y efectuar el monitoreo de la calidad del aire. Esas autoridades pueden adoptar las regulaciones nacionales o hacerlas más estrictas, de acuerdo con las realidades ambientales, demográficas, económicas y tecnológicas de las distintas regiones.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> PDF - COMPES 3344, Lineamientos para la formulación de la Política de prevención y control de la contaminación del aire.

A nivel nacional, la norma que trata sobre las emisiones ambientales, es el decreto 02 del 11 de enero de 1982, en éste las secciones que hacen referencia al tema investigado son: el capítulo II, que da las normas de calidad del aire y sus métodos de medición, y el capítulo III; que trata sobre las normas de emisión para fuentes fijas. Es de destacar que el decreto se enfoca en los combustibles sólidos y líquidos, y que el gas se trata de manera general.

### 3. GAS NATURAL.

El gas natural se ha convertido en el combustible de moda, no sólo en América Latina sino en todo el mundo, aún en países que no cuentan con reservas de este recurso es conocido como el combustible del futuro; debido a las ventajas que presenta frente a otros combustibles en explotación, impacto ambiental, viabilidad económica y reservas.

El gas natural es un recurso energético más limpio que el petróleo y el carbón; que puede ofrecer parte de la solución para el cambio climático y problemas asociados con la pobre calidad del aire.

El gas natural está actualmente experimentando un enorme incremento en la demanda a nivel mundial para ser utilizado en remplazo de otros combustibles; en un fenómeno que es conocido como la carrera hacia el gas (dash for gas).<sup>6</sup>

Los beneficios para el medio ambiente proporcionados por el gas natural y las ventajas en tecnología están asegurando su papel como combustible preferido, ha habido un constante incremento en la producción de gas natural en los últimos 15 años, reportes de la WEC indican que la producción mundial de gas natural seco comerciable fue alrededor de 2.4 trillones de metros cúbicos (85 trillones de pies cúbicos) en 1999, un incremento de 4.1 %

---

<sup>6</sup> PDF - Elementos estratégicos para el sector energía en América Latina y el Caribe.

comparado con la de 1996, la tendencia indica que este incremento continuará en los próximos años.

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos livianos en estado gaseoso, entre los que se encuentra en mayor proporción el metano. Se utiliza como combustible para usos domésticos e industriales. La proporción en la que el metano se encuentra en el gas natural es del 75 % al 95% del volumen total de la mezcla (por este motivo se suele llamar metano al gas natural). El resto de los componentes son etano, propano, butano, nitrógeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, helio y argón. Antes de emplear el gas natural como combustible se extraen los componentes más pesados, como el propano y el butano.

El gas natural se encuentra, al igual que el petróleo, en yacimientos en el subsuelo en uno de los siguientes estados:

- Asociado, cuando esta mezclado con el crudo al ser extraído del yacimiento.
- Libre o No Asociado, cuando se encuentra en un yacimiento, en el cual sólo contiene gas.

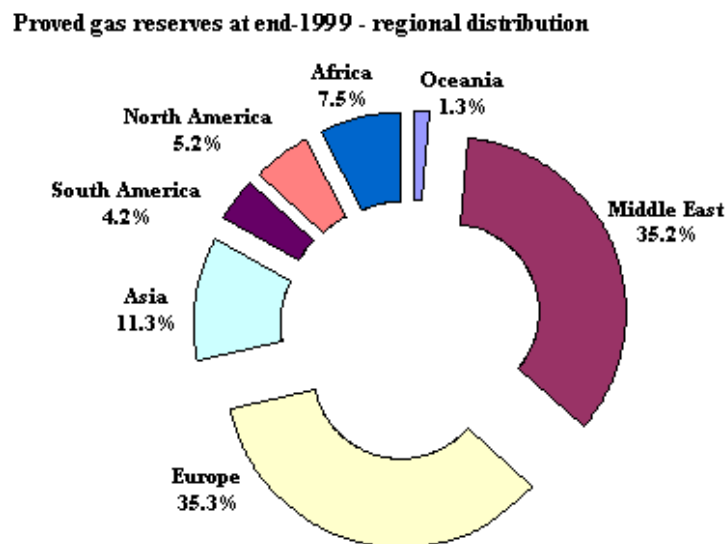
Por lo tanto, su composición, su gravedad específica, su peso molecular y su poder calorífico son diferentes en cada yacimiento. El rango de variación del poder calorífico está entre 900 y 1400 BTU/Pie<sup>3</sup>.

Los recursos de gas natural se clasifican de diferentes maneras, pueden usarse dos clasificaciones sumarias: reservas probadas y abastecimiento potencial.

- Reservas probadas es gas descubierto que puede ser producido bajo condiciones actuales de economía y operación.
- Abastecimiento potencial del recurso es aquella porción del recurso que puede encontrarse y comprobarse en el futuro.

Las reservas probadas para finales de 1999 se pueden ver en la Gráfica 1, donde las mayores reservas están en Europa y en el Medio Oeste, la participación de Sur América es de 4.2 % donde las mayores reservas se encuentran en Venezuela.

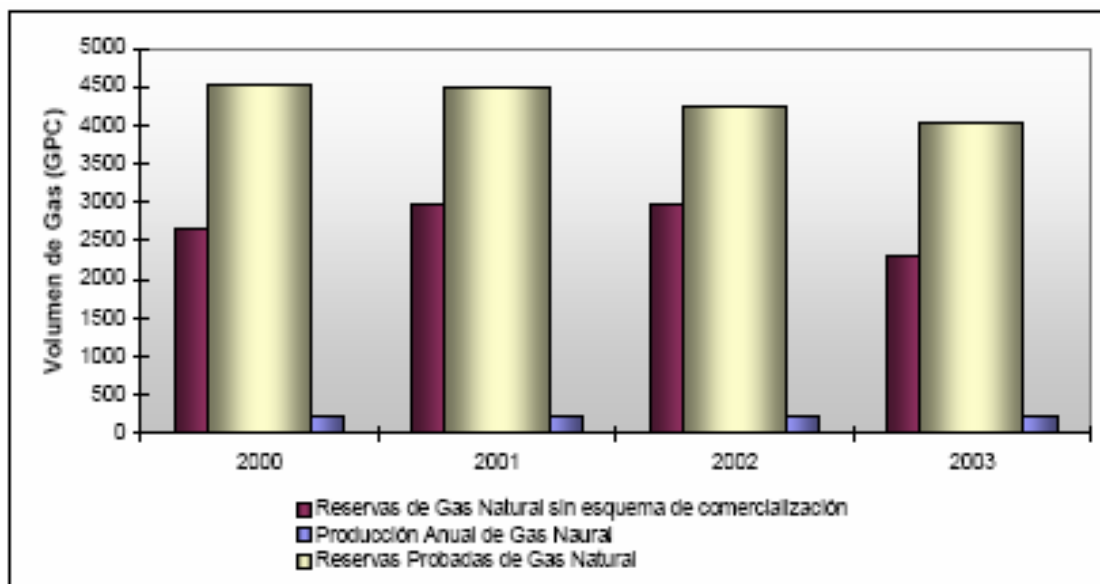
**Gráfica 1.** Reservas mundiales de gas probadas a finales de 1999.



Fuente: Survey of energy resources, World Energy Council.

En Colombia las reservas probadas de gas natural a 31 de diciembre de 2003 correspondieron a 4039.5 GPC (1.14E11 m<sup>3</sup>), la evolución de las reservas se presenta en la Gráfica 2.<sup>7</sup>

**Gráfica 2.** Evolución de las reservas de GN en Colombia a finales de 2003



Fuente: Ecopetrol - Abril de 2004.

### 3.1. PROPIEDADES DEL GAS NATURAL.

Algunos de los parámetros más importantes son:

Poder calorífico: 35315 - 44143 BTU/m<sup>3</sup> (900 - 1250 BTU/pie<sup>3</sup>)

Densidad relativa: 0.5 - 0.8

Límite de inflamabilidad: 4 - 15 %

Sulfuro de hidrogeno: < 5 ppm

Peso molecular: 17 - 23

<sup>7</sup> PDF - Memorias del congreso 2003-2004 - Sector gas

### 3.2. COMPOSICIÓN DEL GAS NATURAL

Las propiedades del gas natural dependen de lugar de donde se explota, es así, como se encuentran algunas diferencias mínimas en las características de cada gas, como se puede observar en la tabla 2, para ampliar la información de la composición del gas natural ver el anexo B.

**Tabla 2.** Composición del gas natural

ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	PAYOA	APIAY	CUSIANA (Ocensa)	GUAJIRA (Interior)
<b>COMPOSICIÓN</b>					
Metano	%	90.417	82.295	74.780	97.997
Etano	%	6.806	12.440	10.990	0.266
Propano	%	0.360	2.190	5.120	0.052
i-Butano	%	0.013	0.020	0.960	0.007
n-Butano	%	0.017	0.024	1.270	0.007
i-Pentano	%	0.006	----	0.430	0.006
n-Pentano	%	0.005	----	0.330	0.002
Hexano	%	----	----	0.270	0.010
Heptano	%	----	----	0.220	0.025
Decano	%	----	----	0.010	----
Nitrógeno	%	0.276	0.837	0.570	1.405
CO <sub>2</sub>	%	2.070	2.194	5.060	0.240
Oxígeno	%	0.030	----	----	----
	%	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Ecopetrol - Gerencia de Gas, Junio 2004.

### 3.3. PLAN DE MASIFICACIÓN DEL GAS NATURAL.

Los gases combustibles - gas natural y GLP - constituyen alternativas menos costosas y de menor impacto ambiental, en diversos usos industriales, comerciales y domésticos que sus potenciales sustitutos.

Se propone consolidar el Plan de Masificación de Gas y tomar las medidas necesarias para incrementar su producción y consumo. Para lograr que el mercado se continúe desarrollando se requiere realizar ampliaciones en la red de transporte de gas natural, llegando a regiones donde sea económicamente viable. El gas es competitivo en los siguientes mercados:

- Calderas industriales a diesel de baja capacidad (industria liviana).
- Industria liviana y comercio con alternativa de uso de GLP
- Todos los usos industriales con alternativa de fuel oil y carbón.

En general, las tendencias más relevantes observadas muestran que con referencia al gas natural, el fuel oil y el carbón en el sector industrial han dificultado la penetración del gas natural en el interior del país.

Una de las estrategias para impulsar la penetración del gas natural es aprovechar las bondades ambientales de este energético, mediante la inclusión de tasas retributivas de tipo ambiental y el acceso a financiación blanda ofrecida por entidades internacionales que apoyan la producción más limpia.

#### **3.4. PRINCIPALES USOS DEL GAS NATURAL EN COLOMBIA.**

El gas natural se utiliza como materia prima o como combustible en los sectores industrial, petroquímico, termoeléctrico, doméstico, comercial y de transporte terrestre. Sus principales usos por sector se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Principales usos del gas natural en Colombia.

Sector	Usos	
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Refinerías de petróleo</li> <li>- Industria del vidrio</li> <li>- Minas de ferroniquel</li> <li>- Industria alimenticia</li> <li>- Hierro y acero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pulpa y papel</li> <li>- Industria del cemento</li> <li>- Cerámica</li> <li>- Industria textil</li> </ul>
Petroquímico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Urea</li> <li>- Alcoholes</li> <li>- MTBE</li> <li>- Etileno</li> <li>- ETC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nitrato de amonio</li> <li>- Aldehídos</li> <li>- Acetileno</li> <li>- Polietileno</li> </ul>
Termoeléctrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Turbogeneradores</li> <li>- Calderas (turbinas a vapor)</li> <li>- Plantas de ciclo combinado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plantas de ciclo "STIG"</li> <li>- Plantas de cogeneración</li> <li>- Plantas de trigeneración</li> </ul>
Doméstico y comercial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cocinas</li> <li>- Secadoras de ropa</li> <li>- Refrigeración y acondicionamiento de aire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calentadores de agua</li> <li>- Calefacción</li> <li>Restaurantes</li> <li>- Hoteles</li> </ul>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- GNV - Gas Natural Vehicular comprimido en reemplazo de gasolina motor.</li> </ul>	

Fuente: Empresa colombiana de gas (ECOGAS).

## 4. CALDERAS, HORNOS Y SECADORES.

### 4.1. CALDERAS

Figura 2. Corte de una caldera pirotubular.



Una caldera de vapor es una instalación industrial de transferencia de calor, en el cual gases calientes, producidos por la combustión de un combustible fósil con aire en un quemador, transfieren calor, a través de tubos, para vaporizar o calentar el agua que alimenta la caldera.

#### 4.1.1. Clasificación de las calderas.

##### 1. Por la disposición de los fluidos

- **Pirotubulares**: En este tipo de calderas los gases de combustión circulan por el interior de los tubos y manejan presiones de operación de 0-300 PSIG.

En la Figura 2, se muestra el diseño de una caldera pirotubular.

- **Acuatubulares:** En este tipo de calderas el agua circula por el interior de los tubos y manejan presiones de operación de 0-2200 PSIG.

## 2. Por su configuración

- Vertical
- Horizontal

## 3. Por el mecanismo de transmisión de calor dominante

- Convección
- Radiación
- Radiación y Convección

## 4. Por el combustible empleado

- Combustibles sólidos
- Combustibles líquidos
- Combustibles gaseosos
- Combustibles especiales (Licor negro, bagazo, etc.)
- De recuperación de calor de gases
- Mixtas
- Nucleares

## 5. Por el tiro

- De tiro natural
- De hogar presurizado
- De hogar equilibrado

## 6. Por el modo de gobernar la operación

De operación manual

Semiautomáticos

Automáticos

## **4.2. HORNOS**

**Figura 3.** Horno para forja



Fuente: DEUMAN ingenieros.

Los hornos (Figura 3) son equipos térmicos que utilizan la energía para generar ambientes calientes que permitan secar productos, calentar, provocar transformaciones químicas de sustancias, fundir minerales u otros materiales, para realizar tratamiento térmico, etc.

Las mediciones claves en un horno tienen que ver con las temperaturas de proceso, con el suministro de energía, con los flujos de entrada y de salida de los productos y de los aires calientes y fríos.

El suministro de energía a los hornos puede provenir de varias fuentes: **Combustión**, de la disipación de energía en resistencias eléctricas, de la descarga eléctrica entre dos electrodos por efecto de arco de la energía contenida en un plasma térmico, del sol, de fuentes de microondas, de inducción, etc.

#### **4.3. SECADORES**

Los secadores son equipos que generalmente eliminan humedad de las sustancias. La aplicación de este concepto es muy amplia, pero en general se aplica a la eliminación térmica, en comparación a la eliminación mecánica de la humedad mediante exprimido o centrifugado.

El grado de presión de vapor o presión de saturación que ejerce la humedad contenida en sólido húmedo o en una solución líquida depende de la naturaleza del sólido y la temperatura.

Por lo tanto, si un sólido húmedo se expone a una corriente continua de gas con un contenido de humedad que ejerce una presión parcial determinada en el gas, el sólido o bien perderá humedad por evaporación o ganará humedad por la condensación del vapor contenido en el gas, hasta que la presión parcial del vapor en el gas iguale la presión de vapor de la humedad.

En un secador las fuentes principales de energía están dadas por el calor contenido en el aire suministrado, el cual es previamente acondicionado a la temperatura y humedad requerida. Alternativamente se puede transferir calor por conducción a través del sólido para facilitar la evaporación o tener una fuente de calor por radiación.

En secado son muy importantes los siguientes conceptos:

- A mayor temperatura del aire de secado, más facilidad para remover la humedad.
- Los productos tienen temperaturas límites que se deben respetar, especialmente en caso de productos orgánicos.
- A más tiempo de residencia (de contacto) del producto, más capacidad de secado.
- La temperatura del producto no sobrepasará un valor denominado temperatura de bulbo húmedo del aire de secado en contacto con él, hasta que no se pierda su humedad. Esta temperatura depende de la humedad del aire y es menor que la temperatura normal del aire, llamada de bulbo seco. Esto significa que se puede poner producto en contacto con aires muy

calientes, sin sobrecalentarlos, siempre y cuando no se llegue al punto de secado total del producto.

- En sistemas de secado por aire, es importante un buen secado del aire caliente con todo el producto.
- El aire caliente va a tender a tomar rutas preferenciales alejadas del contacto con el producto. Esto se debe tener en cuenta en el diseño.
- Es importante recircular el aire que sale del secadero, cuando este tenga altas temperaturas y humedades no saturadas.

## **5. METODOLOGÍA DE ESTUDIO ENERGÉTICO DEL SECTOR INDUSTRIAL QUE CONSUME GAS NATURAL EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA.**

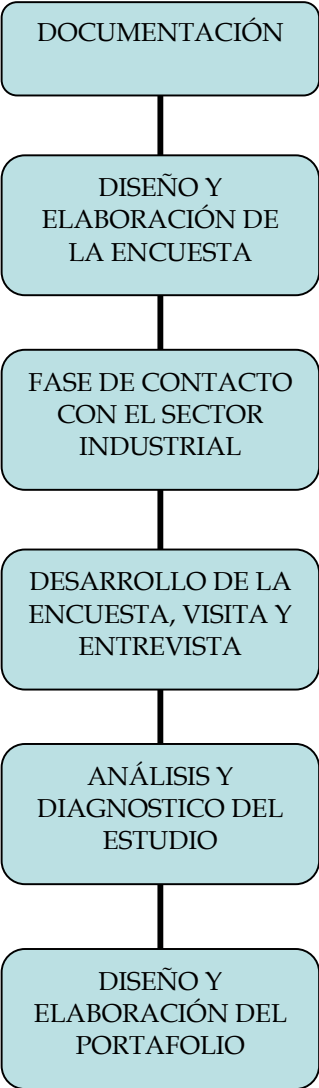
Para poder desempeñar de una manera lógica y ordenada el desarrollo de este trabajo, se elabora una estructura organizacional donde se plantean seis pasos a seguir como se muestra en la Figura 4.

El primer paso llamado documentación se hace con el fin de encontrar programas, ejemplos y procedimientos a seguir de los países con mayor afinidad energética a Colombia.

Los siguientes tres pasos están basados en las diferentes consultas bibliográficas, en la gestión empresarial (llamadas telefónicas, cartas, visitas, encuesta y entrevistas) desempeñada en cada una de las empresas seleccionadas.

Luego se hace la tabulación, análisis y diagnóstico de datos de las empresas encuestadas, apoyados en lo observado en cada planta, y por último el diseño y elaboración del portafolio de servicios tecnológicos con el personal y equipo a utilizar.

**Figura 4.** Metodología de estudio energético.



Fuente: Autores.

## 5.1 DOCUMENTACIÓN

Se estudia el estado del arte sobre programas URE (Argentina, Brasil, Colombia, Cuba, México, Perú, entre otros - ver anexo C), además de la recolección de datos sobre como se realiza una encuesta.<sup>8</sup>

## 5.2. DISEÑO Y ELABORACIÓN DE LA ENCUESTA

Para el diseño y elaboración de la encuesta fue necesario consultar personal capacitado sobre el tema<sup>9</sup>.

Se diseña la encuesta (ver diseño final en el anexo D) con el objeto de conocer:

- Los mecanismos utilizados por el sector industrial del área metropolitana de Bucaramanga en el control de sus procesos productivos.
- El consumo de gas natural.
- La percepción en la industria del rendimiento y costo del combustible.
- Las dificultades energéticas en el sector industrial y sus posibles causas.
- Los problemas que originan el alto consumo de gas en la industria.
- Tecnología utilizada en la industria.

---

<sup>8</sup> Las referencias de estos documentos se citan en la Bibliografía del proyecto.

<sup>9</sup> Ingeniera industrial Mirna Contreras.

- Mantenimiento realizado a los equipos.
- Impacto ambiental producido por la empresa.

**5.2.1. Realización de la encuesta.** La encuesta permite obtener la información necesaria para determinar los problemas energéticos que se presentan en el sector industrial, además de poderse comparar las diferentes estructuras organizativas y la aplicación de la ingeniería en las empresas.

Para el desarrollo adecuado de una encuesta se deben seguir las siguientes etapas:

- Visita y entrevista.
- Tabulación de datos y gráficos.
- Análisis y conclusiones que permite la intervención.

❖ **Visita y entrevista:** Permiten una visión general de la empresa, se percibe rápidamente la estructura fundamental y las diferencias principales entre la planta que se observa y las múltiples plantas ya encuestadas. Este primer contacto se realiza mediante la observación directa, las entrevistas y de ser posible resulta muy útil completarlo con una reunión.

- **Observación directa:** Se reconoce la estructura general de la planta y el personal que labora en ella, visitando sus instalaciones y las zonas que brinden una mayor descripción de su proceso productivo. Conviene abarcar de una vez la mayor parte posible de la empresa visitada.

- **La entrevista:** En esta fase y con objeto de no perder el tiempo, conviene interrogar sobre el tema de investigación a las personalidades más competentes de la empresa.

- ❖ **Tabulación de datos y gráficos:**

Esta etapa comprende los siguientes pasos:

1º. Tabulación de Datos: clasificar y analizar los datos de acuerdo con los parámetros a evaluar en el estudio.

2º. Representación individual y global: Representar las tabulaciones en diagramas y gráficos.

3º. Clasificación: distribuciones, categorías, clases y tipos.

- ❖ **Análisis y conclusiones que permite la intervención:** Ya establecidos los primeros registros y tabulaciones de datos, queda por llevar a cabo la etapa más difícil; debido a que la encuesta debe ser interpretada correctamente para dar resultados satisfactorios, ésta sólo puede ser realizada por personas conocedores del tema de investigación.

### **5.3. FASE DE CONTACTO CON EL SECTOR INDUSTRIAL**

En ésta etapa de trabajo se opta por seleccionar las empresas que poseían los mayores consumos de GN en promedio, puesto que ha mayor consumo, el

ahorro energético y la reducción del consumo de combustible sería más notorio.

Fue de gran importancia el apoyo de GASORIENTE S.A. (principal distribuidor de gas natural en la región - ver anexo E), el cual facilitó la información sobre las empresas que consumen gas natural en el área metropolitana de Bucaramanga.

Debido a que no se contaba con una base de datos de las empresas seleccionadas era necesario crearla, por lo tanto el siguiente paso a desarrollar era hacer una indagación empresarial la cual permitiera determinar la información sobre la directiva de las empresas; ésta se hizo vía telefónica, las empresas indagadas se contactaron por medio escrito firmado por el director del CDT de GAS (Henry Abril) y enviados respectivamente a sus instalaciones, para luego, por vía telefónica concretar la hora y fecha de la correspondiente visita y entrevista.

#### **5.4. DESARROLLO DE LAS ENCUESTA, VISITA Y ENTREVISTA**

Las dos primeras empresas seleccionadas, se tomaron como pilotos para verificar los resultados obtenidos por la encuesta realizada y hacer una retroalimentación para mejorarla. La encuesta se complementaria con la entrevista y visita a las empresas seleccionadas. Ésto con el fin de observar y tomar datos detallados que de alguna forma el encuestado haya dejado pasar por alto, además, observar cuales son las condiciones existentes de cada empresa para la toma de mediciones y problemas que salten a la vista.

## **5.5. ANÁLISIS Y DIAGNOSTICO DEL ESTUDIO**

Esta etapa va desde la tabulación de la información obtenida en la encuesta, entrevista y visita realizada, pasando por su respectivo análisis y diagnóstico, hasta las conclusiones y recomendaciones adoptadas para superar las deficiencias energéticas encontradas en los principales equipos industriales presentes en el área metropolitana de Bucaramanga.

El análisis permitiría determinar las causas de los problemas energéticos presentes en el sector industrial y así poder diagnosticar el estado actual de las empresas.

## **5.6. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL PORTAFOLIO**

En esta fase se describen los servicios, equipos y personal necesario para la implementación de la auditoría energética a desarrollar por el CDT de GAS.

## **6. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL ESTUDIO REALIZADO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA.**

Antes del desarrollo de la encuesta, hubo que seleccionar la población; tomando las empresas que consumen 9000 m<sup>3</sup>/mes de gas natural (34 empresas) en el área metropolitana de Bucaramanga distribuido por GASORIENTE S.A. El cual representa el 88 % del consumo promedio total. (Ver anexo F). Debido a que el universo es pequeño, se decidió realizar la encuesta a la totalidad de la población, dando como resultado 29 empresas encuestadas ya que 5 de ellas no lo permitieron. Cabe destacar que se incluyó en la lista de empresas encuestadas a Forjados de Colombia S.A.<sup>10</sup> la cual tiene un consumo promedio de 5776 m<sup>3</sup>/mes.

La encuesta y la entrevista fueron realizadas a personal capacitado del área de mantenimiento, con el suficiente conocimiento de los procesos y los equipos utilizados en producción, con el fin de garantizar certeza y objetividad en las respuestas.

Junto a la encuesta se realiza el reconocimiento de la empresa, el cual ayuda a evaluar el estado de la planta y conocer el proceso en el cual esta vinculado el gas natural.

---

<sup>10</sup> Forjados de Colombia S.A. (FORCOL), empresa que pertenece a TRANSEJES S.A. FORCOL a pesar de que no cumple con los requisitos de consumo promedio (9000 m<sup>3</sup>/mes), se encuestó, realizó la entrevista y visita a la empresa por petición de TRANSEJES S.A. (ya que para TRANSEJES S.A. era más viable el estudio en dicha planta).

La encuesta esta diseñada para las empresas que consumen gas natural en el área metropolitana de Bucaramanga.<sup>11</sup> Después de creada la encuesta se escogieron las dos primeras empresas seleccionadas (INCUBADORA DEL ORIENTE S.A. planta de concentrados, ahora perteneciente a PIMPOLLO S.A. y SOLLA S.A.) que nos sirvieran como empresas pilotos para verificar la eficacia de la encuesta y hacer las respectivas correcciones.

Hay que agregar que SOLLA S.A. ya no consume gas natural,<sup>12</sup> pues sus calderas a gas natural fueron remplazadas por una que consume carbón como combustible, debido a los altos consumos que presentaban las anteriores, lo que demuestra la importancia que representa este trabajo para las empresas que comercializan gas natural, y así evitar el éxodo de las empresas que consumen gas natural en sus proceso de producción hacia otros combustibles.

## **6.1. ANÁLISIS DEL ESTUDIO ENERGÉTICO**

El análisis energético se realiza a partir de los datos obtenidos en la encuesta, entrevistas y visitas realizadas a las plantas de producción, donde se observo que el equipo más utilizado y que consume más combustible en el AMDB es la caldera (95% de las empresas encuestadas), como se puede ver en la Tabla 4.

---

<sup>11</sup> 106 empresas en total, que son las empresas a las cuales GASORIENTE S.A. les distribuye GN en el área metropolitana de Bucaramanga, no se tuvo en cuenta las empresas que toman el GN distribuido por METROGAS S.A. Por la dificultad de acceder a la información sobre las empresas que consumen GN y porque a nivel regional la cantidad de GN distribuido por METROGAS S.A. es mucho menor que el de GASORIENTE S.A.- ver anexo E.

<sup>12</sup> Debido a que SOLLA S.A. Ya no consume GN, ésta no se tuvo en cuenta para el desarrollo estadístico ejecutado.

**Tabla 4.** Clasificación de equipos que consumen GN en el AMDB.

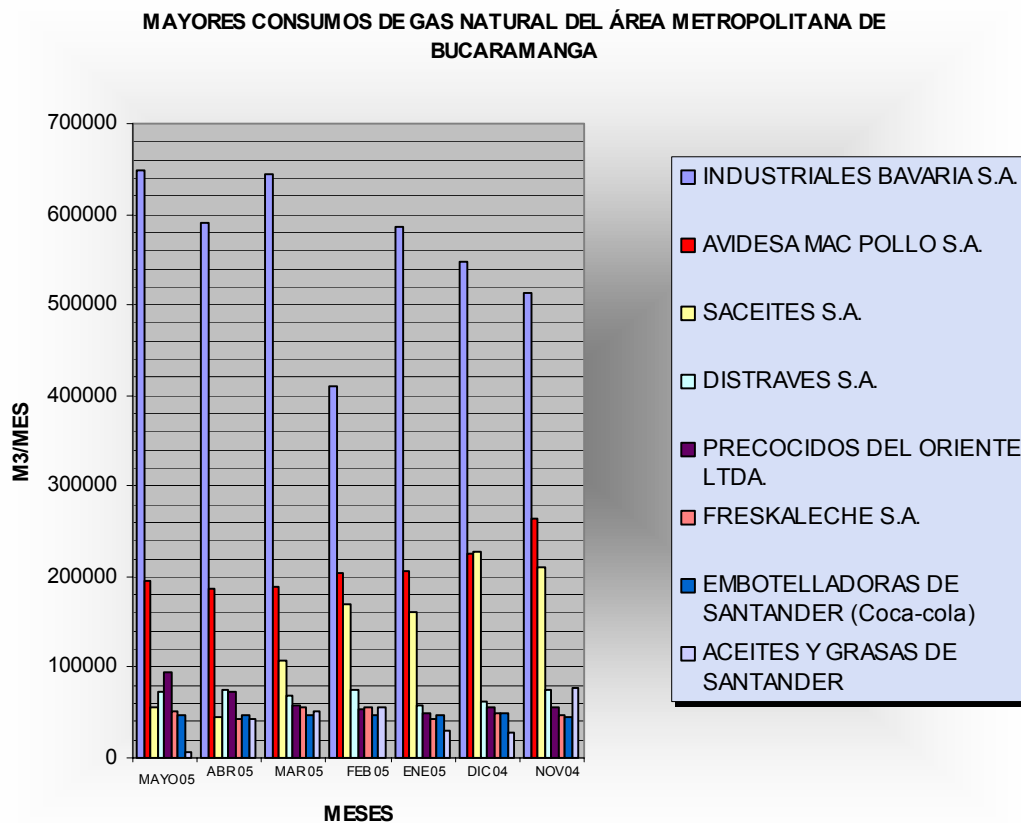
<b>CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS QUE CONSUMEN GN EN EL AMDB</b>			
<b>EQUIPOS</b>	<b>Nº DE EMPRESAS</b>	<b>CONSUMO PROM (m<sup>3</sup>/mes)</b>	<b>% CONSUMO</b>
CALDERAS Y CALDERINES	21	1466872	95.2
HORNOS	2	23002	1.5
SECADORES	2	21680	1.4
FREIDORAS	1	11131	0.7
AIRE ACONDICIONADO	1	9000	0.6
CUBA DE FUNDICIÓN	1	9439	0.6

Fuente: Autores y GASORIENTE S.A.

Debido a que el 95% del consumo de gas natural de las empresas encuestadas en el área metropolitana de Bucaramanga es utilizado en calderas para los diferentes procesos productivos; el análisis se enfoca a estos equipos (para ver en detalle el consumo de cada equipo por empresa ver el anexo F).

Cabe destacar que la mayoría del consumo de la región pertenece al sector de alimentos y bebidas, como se observa en la Gráfica 3; donde se muestra que los principales consumidores de gas natural pertenecen a este sector y Gráfica 4; en la que están los sectores de producción del AMDB.

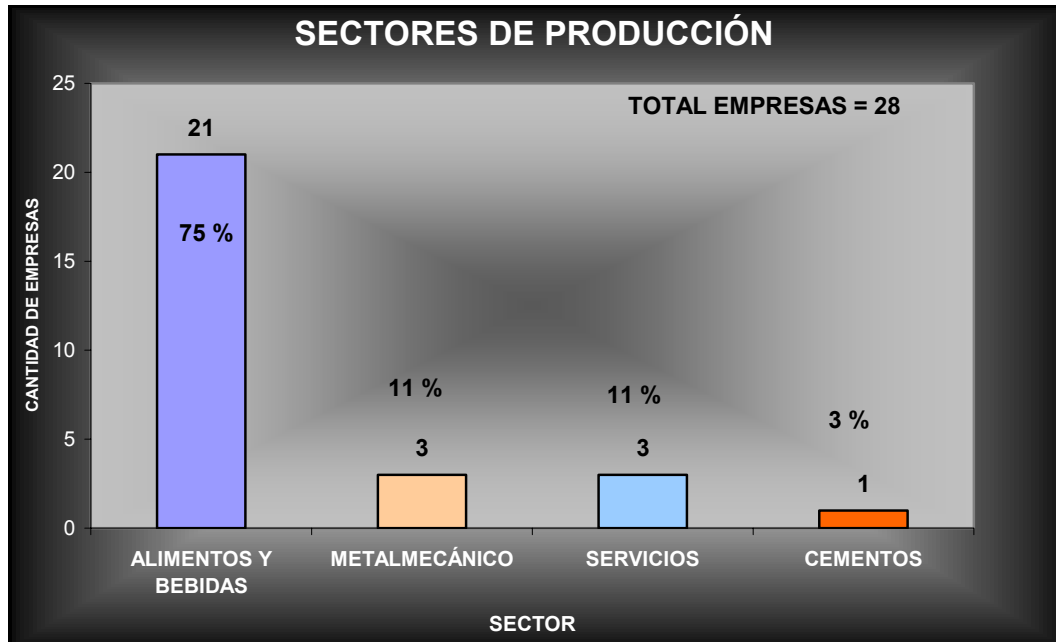
**Gráfica 3.** Empresas que presentan los mayores consumos de gas natural en el área metropolitana de Bucaramanga.



Fuente: GASORIENTE S.A.

En el anexo F, se complementa esta gráfica y se puede observar que la empresa de mayor consumo de gas natural en la región es INDUSTRIALES BAVARIA S.A. La cual consumió en promedio hasta junio de 2005; 548117 m<sup>3</sup>/mes, el cual representa el 29 % del consumo promedio total industrial, seguida por empresas como: AVIDESA MAC. POLLO S.A. (11 %), SANTANDEREANA DE ACEITES S.A. (8 %), DISTRAVES S.A. (5 %), PRECOCIDOS DEL ORIENTE (3 %).

**Gráfica 4.** Sectores de producción del área metropolitana de Bucaramanga.



Fuente: Autores.

6.1.1. Características de las calderas del AMDB. En esta sección se hace una descripción de las características, pérdidas de energía y condiciones de operación del parque actual de calderas del AMDB.

❖ **Principales pérdidas en las calderas:**

Las principales pérdidas de energía se resumen básicamente en las siguientes pérdidas de calor:

- Calor perdido a través de humos secos.
- Calor sensible perdido en el vapor de agua.
- Calor perdido por combustión incompleta.
- Calor perdido debido a materia combustible presente en los gases de combustión.

- Pérdida de calor debido a purgas de caldera.
- Pérdida de calor por radiación y convección.

❖ **Los principales focos de pérdidas de energía son :**

- Temperatura excesiva de gases de chimenea.
- Inquemados de combustible, producto de una combustión defectuosa.
- Demasiado exceso de aire.
- Elevada temperatura en la superficie externa.
- Fugas de vapor.
- Líneas de vapor mal diseñadas.
- Agua en el aire de combustión.
- Excesiva purga.
- Temperatura de paredes alta por falta de aislamiento térmico.

❖ **Deficiencias energéticas en las calderas:** Las deficiencias energéticas que presentan las calderas del AMDB se pueden observar en el anexo H, donde se encuentra que las principales son: calderas sin aislamiento térmico, deficiente relación aire combustible, carencia de aseguramiento metrológico y mal tratamiento del agua de alimentación.

❖ **Descripción de las calderas del AMDB:** En esta sección se tiene en cuenta para la descripción de las calderas, sus respectivas marcas y potencias de trabajo, además, es importante conocer la frecuencia y método de purga empleada para cada caldera.

De las empresas encuestadas el 86% de las empresas tienen calderas pirotubulares, el otro 14% tienen un funcionamiento acuotubular, con la observación que en dos de ellas el fluido de trabajo es aceite.

- **Marcas:** Las marcas de las calderas del AMDB se muestran en la Tabla 5, (análisis detallado en anexo G).

**Tabla 5.** Marcas de las calderas que consumen GN en el AMDB.

MARCA DE CALDERAS	CANTIDAD	%
CONTINENTAL	9	28.1
DISTRAL	7	22
POWER MASTER	4	12.5
TECNIK	3	9.4
FABRICACIÓN PROPIA	3	9.4
JCT	2	6.2
FERROCARRILERAS	2	6.2
COMESA	1	3.1
OTTENSENGER EISENWERN	1	3.1
<b>TOTAL</b>	32	100

Fuente: Autores

- **Potencia:** Las calderas del área metropolitana de Bucaramanga, se puede clasificar según su potencia: existen 6 calderas (19%) de menos de 50 BHP, 15 calderas (47%) entre 50 BHP a 150 BHP y 11 calderas (34%) mayores de 150 BHP, como se observa en la Tabla 6, y para mayor información ir al anexo G.

**Tabla 6.** Potencia de las calderas que consumen GN en el AMDB.

POTENCIA DE LAS CALDERAS DEL AMDB			
MENOR O IGUAL A 50 BHP		51 BHP A 150 BHP	MAYOR A 150 BHP
%	19%	47%	34%
EMPRESAS	FRESKALECHE	ITALCOL	G. HIPINTO
	SALSAN	PREC. DEL ORIENTE	ACEYGRADES
	QUESANDER	CAMPOLLO	SACEITES
	PRETECOR	FRESKALECHE	EMBOSAN
		ICOHARINAS	MAC POLLO
		PASTAS GAVASSA	NUTRIMAX
		H. PSIQUIATRICO	BAVARIA
		DISTRAVES	
		NUTRIMAX	
		C. COMUNEROS	
		FIBERGLASS	
		PIMPOLLO	
		PRETECOR	

Fuente: Autores

- **Purgas:** la purga de caldera es realizada a fin de evitar la concentración excesiva de sólidos disueltos en el agua dentro de la caldera. Para tal efecto es necesario extraer una porción del agua (purga) en forma periódica o continua, con el fin de renovarla con agua fresca y blanda con menor contenido de sólidos disueltos y así evitar problemas de incrustaciones.

En la mayoría de las calderas del AMDB la purga de agua es manual e intermitente como se puede ver en la Tabla 7, mediante la apertura periódica de válvulas de drenaje, debido a esto es probable que haya demasiadas pérdidas de energía si la purga es excesiva o por el contrario se acumulen sólidos disueltos con formación de depósitos en los tubos de la caldera lo que hace ineficiente el proceso de transferencia de calor entre los gases y el agua.

**Tabla 7.** Frecuencia de purga de las calderas que consumen GN en el AMDB

PURGA		
<p style="text-align: center;"><b>CONTINUA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• INDUSTRIALES BAVARIA</li> </ul>	<b>INTERMITENTE Y MANUAL</b>	
	EMPRESA	FRECUENCIA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• AVIDESA MAC POLLO</li> </ul>	G. HIPINTO	c/4 horas
	SACEITES	c/6 horas
	CAMPOLLO	c/4 horas
	FRESKALECHE	c/2 horas
	ACEYGRADES	c/4 horas
	FIBERGLASS	-----
	ICOHARINAS	c/24 horas
	EMBOSAN	c/12 horas
	PASTAS GAVASSA	-----
	H. SAN CAMILO	c/3 horas
	SALSAN	c/4 horas
	DISTRAVES	c/4 horas
	QUESANDER	c/12 horas
	NUTRIMAX	c/2 horas
	PRETECOR	c/1 hora
	C. COMUNEROS	c/8 horas
	PIMPOLLO	c/4 horas
ITALCOL	c/2 horas	
PRE. DEL ORIENTE	c/12 horas	

Fuente: Autores

**6.1.2. Características de los hornos en el AMDB.** Las 2 empresas encuestadas que trabajan con hornos y de mayor consumo de gas natural en el área metropolitana de Bucaramanga son: FORJADOS S.A. y FORJADOS DE COLOMBIA S.A. (perteneciente a TRANSEJES S.A.); anteriormente llamada FORJANDES S.A. Estas empresas pertenecen al sector metalmecánico.

❖ **Principales pérdidas en los hornos:** en conclusión con lo observado las pérdidas en los hornos se resumen a pérdidas de calor donde éstas, están ligadas directamente con el estado defectuoso de los mismos. Estos equipos

tienden a deteriorarse por razón de las condiciones de trabajo (elevadas temperaturas). Es muy conveniente como en todo equipo térmico, tener datos sobre los consumos específicos de los energéticos del horno, por lo menos una vez al mes.

❖ **Los principales focos de pérdidas de energía son :**

- Temperatura de gases de escape excesiva.
- Combustión defectuosa.
- Temperatura de paredes alta por falta de aislamiento térmico (radiación y convección).
- Entradas de aire falso.
- Radiación a través de aberturas.
- Temperatura excesiva en el producto y en los elementos de transporte.
- Funcionamiento intermitente.
- Mala carga.
- Operación defectuosa.
- Paradas imprevistas.

La mejor manera de determinar los focos de pérdidas de energía es por medio de la realización de de los balances energéticos.

❖ **Deficiencias energéticas de los hornos en el AMDB.**

- Sobredimensionamiento de los hornos.
- Falsas entradas de aire (grietas en le refractario).
- Combustión defectuosa.

- Carencia de aseguramiento metrológico.
- No se precalienta el material.
- Sistemas de control deficientes y en mal estado.
- Temperatura excesiva en los equipos.
- Bajo nivel tecnológico (existen equipos del año 1960 y todos los controles son manuales; regidos por la experiencia del operario).

❖ **Descripción de los hornos del AMDB:** con base en la información facilitada por las empresas se logro obtener una descripción, aunque no muy detallada de los equipos, pero que nos permite conocer su producto y el rango de temperaturas de trabajo utilizado, entre otras (ver tabla 8).

**Tabla 8.** Equipos que consumen gas natural en FORCOL S.A.

	MARCA	AÑO DE FABRICACIÓN	CAPACIDAD (Kg/h)	CONSUMO (m <sup>3</sup> /h)	°C DE TRABAJO	PRODUCTO	FDT
1	SMITH	1960	800	68	1260	Eslabones	Diario
2	APPLE	1964	160	25	1200 ±100	Eslabones	Diario
3	-----	1960	300	28	1200 ±100	Punta de eje	Diario
4	-----	-----	500	72	DDM	T. térmico	3/mes
5	-----	-----	1800	120	-----	Coronas	-----

Fuente: FORJADOS DE COLOMBIA S.A. (FORCOL - TRANSEJES).

La información obtenida en FORJADOS S.A. es muy escasa, debido a que la fabricación de los equipos, fue realizada por la propia empresa, sin embargo, existen 5 hornos doble cámara cuyas temperaturas de operación están en el rango de 900 °C - 1200 °C, y su año de fabricación oscila entre 1980 - 1985.

6.1.3. Características de los secadores del AMDB. El sector en el cual se utilizan secadores del área metropolitana de Bucaramanga para los procesos productivos es el Alimenticio, donde la finalidad es el secado de arroz, las empresas encuestadas y que trabajan con secadores fueron: ARROCERA SAN CRISTÓBAL y MOLINOS SANTANDER.

Estas empresas afirman que utilizando gas natural como combustible, el secado del arroz se hace más uniforme y permite una mayor limpieza del producto.

Los secadores y el proceso de secado son realmente sencillos, los secadores son equipos que constan de un gran quemador en el cual ocurre todo el proceso de combustión, un ventilador que toma los humos de la combustión y los dirige por un túnel; en el cual en su parte superior se haya extendido el arroz, el tiempo de secado del arroz depende de la temperatura de los humos, pero debido a la experiencia se recomienda mantener una temperatura de 40 °C para lograr la humedad requerida por el arroz de una forma uniforme y en un menor tiempo(ver tabla 9).

**Tabla 9.** Características de los secadores y del proceso de secado.

	HP ventilador	Humedad inicial del arroz (%)	Humedad final del arroz (%)	Cantidad de arroz secado (Ton)	Tiempo de secado (horas)	°C de secado	Número de secadores
Arrocera San Cristóbal	40	22 - 25	13	34	18	40	3
Molinos Santander	60	22 - 25	13	25	18	40	2

Fuente: Autores

### ❖ Deficiencias energéticas de los secadores en el AMDB.

- Carencia de calibración en quemadores e instrumentos de medición (carencia de aseguramiento metrológico)
- No se lleva un control de consumo Vs eficiencia del equipo.

## 6.2. DIAGNÓSTICO ESTADÍSTICO DEL ESTUDIO ENERGÉTICO

En esta sección se realiza el diagnóstico a las empresas encuestadas del área metropolitana de Bucaramanga. Los parámetros a tener en cuenta para dicho dictamen están relacionados con:

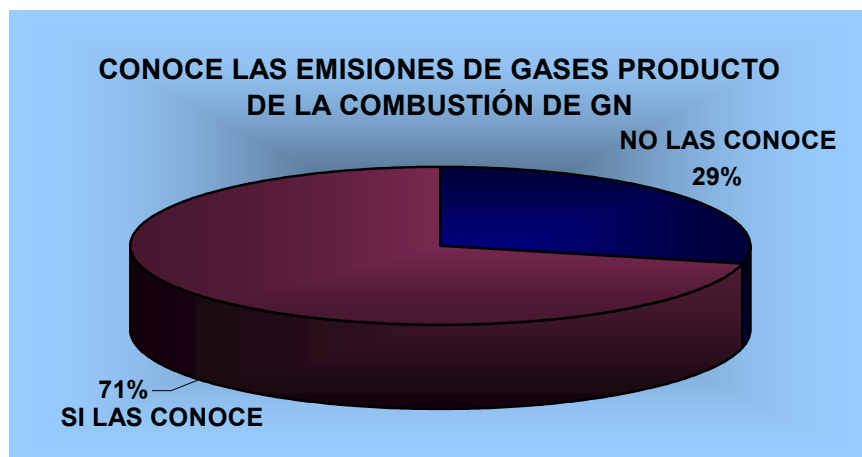
- La operación de los equipos.
- Las instalaciones de la empresa.
- El impacto ambiental.
- El conocimiento de URE.
- El consumo de gas natural.
- El mantenimiento y nivel tecnológico.

**6.2.1. Relacionado con la Operación de los equipos.** El 95% de las empresas controlan la relación aire - combustible por métodos empíricos, basados en el color de la llama presente en el quemador ó en el color de los humos a la salida de la chimenea producto de la combustión, por la falta de una empresa en la región que brinde el servicio de puesta a punto de los equipos consumidores de GN, con resultados concretos basados en mediciones y en balances másicos y energéticos.

**6.2.2. Relacionado con las instalaciones.** La carencia de aislamiento tanto en las líneas de vapor como en la misma caldera (ver anexo H), además de la falta de tecnología e inversión en equipos, son las fuentes más comunes observadas que influyen en las pérdidas de calor.

**6.2.3. Relacionado con el impacto ambiental.** El 71% de las empresas encuestadas, dice conocer la cantidad de emisiones de gases producto de la combustión de gas natural, lo aseguran por el hecho de haber realizado mediciones de gases de la combustión en alguna ocasión (2-4 años atrás), pero sólo el 14% del total de las empresas llevan registros para control de emisiones de gases continuo (cada año). (Gráfica 5 y gráfica 6).

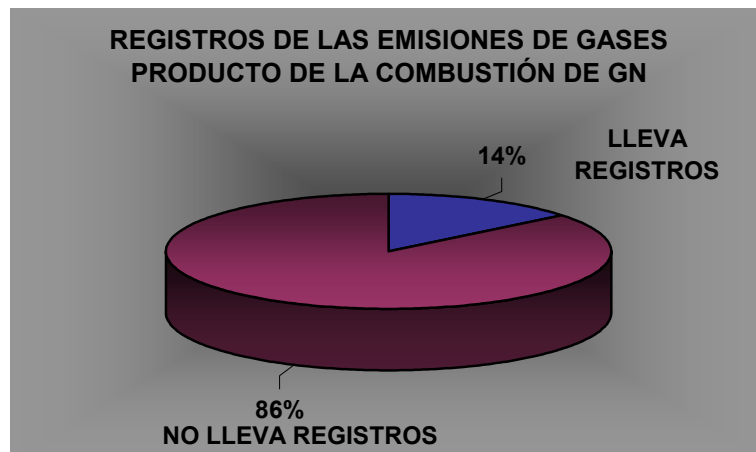
**Gráfica 5.** Concepto empresarial sobre las emisiones de gases producto de la combustión.



Fuente: Autores.

- El 75% asegura no haber tenido auditorías energéticas o información acerca de las emisiones producto de la combustión de GN, afirman que el GN no contamina o que su impacto es mínimo, porque el GN es un combustible limpio, pero en realidad no conocen que cantidad de CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub>S y gases no quemados que están arrojando al medio ambiente, lo que obviamente afecta tanto al medio ambiente, como a la empresa (Gráfica 7).

**Gráfica 6.** Existencia de registros sobre las emisiones de gases producto de la combustión de GN.



Fuente: Autores.

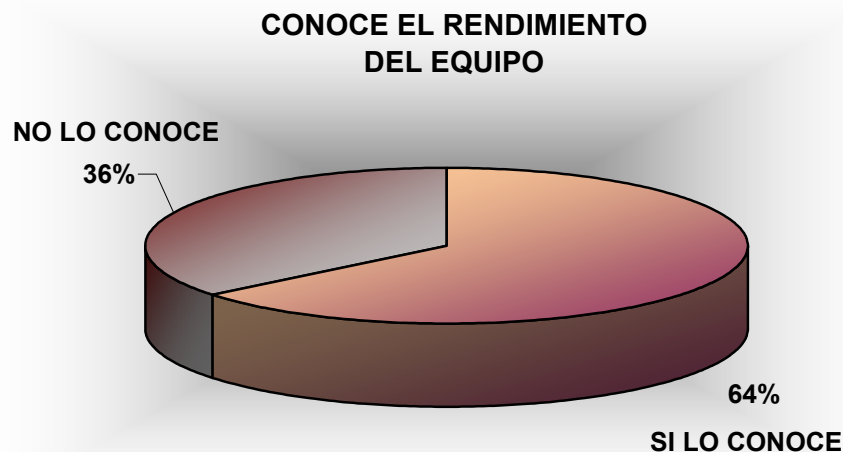
**Gráfica 7.** Concepto empresarial sobre auditorías energéticas para el control de emisiones de gases producto de la combustión de GN



Fuente: Autores.

**6.2.4. Relacionado con el conocimiento de URE.** El 64% de las empresas asegura conocer la eficiencia de sus equipos a GN (Gráfica 8), sólo el 11% de ellas a realizado estudios y balances energéticos para conocer el rendimiento de sus equipos (Gráfica 9), lo que demuestra que en la región a nivel industrial poco se utiliza este concepto, la empresa exige cumplir unos requisitos de producción sin procurar que éste se haga con el mínimo consumo de GN, lo que reduciría notablemente el costo de producción.

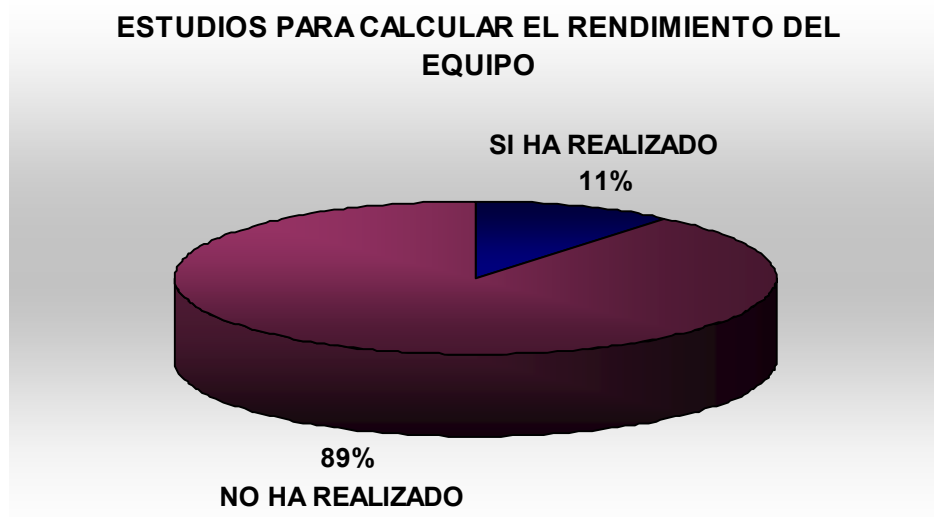
**Gráfica 8.** Concepto empresarial sobre el rendimiento de los equipos que consumen GN.



Fuente: Autores.

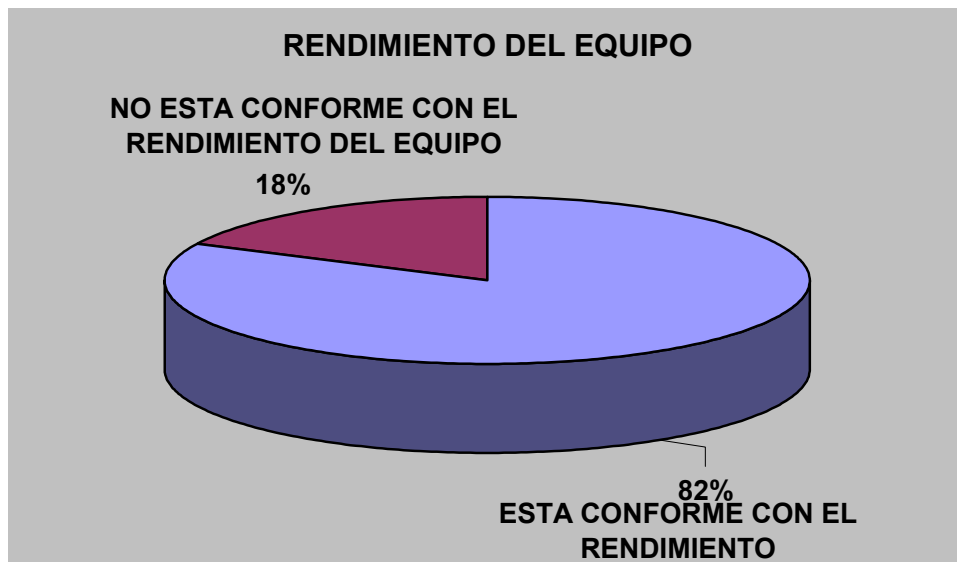
- A pesar que el 82% de las empresas dicen estar conformes con el rendimiento de sus equipos a GN (cumple con necesidades de producción de la empresa - Gráfica 10), el 96% de las empresas asegura que dicha eficiencia puede ser mejorada con un adecuado proyecto, lo que les permitiría ser más competitivos en el mercado nacional e internacional (Gráfica 11)

**Gráfica 9.** Estudios para calcular el rendimiento de los equipos a GN.



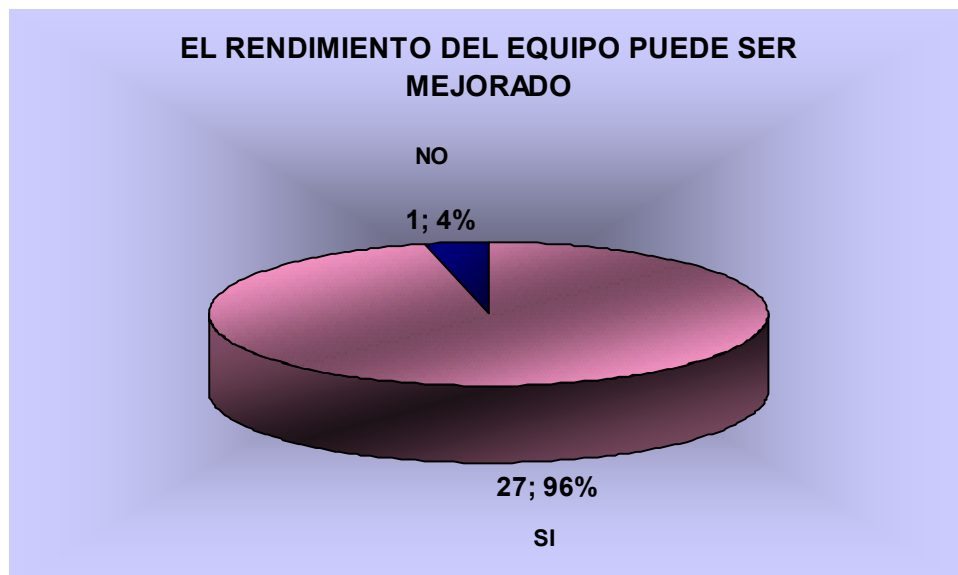
Fuente: Autores.

**Gráfica 10.** Conformidad con el rendimiento de los equipos a GN.



Fuente: Autores.

**Gráfica 11.** Concepto sobre aumento en el rendimiento de los equipos a GN.



Fuente: Autores.

#### 6.2.5. Relacionado con el consumo de GN.

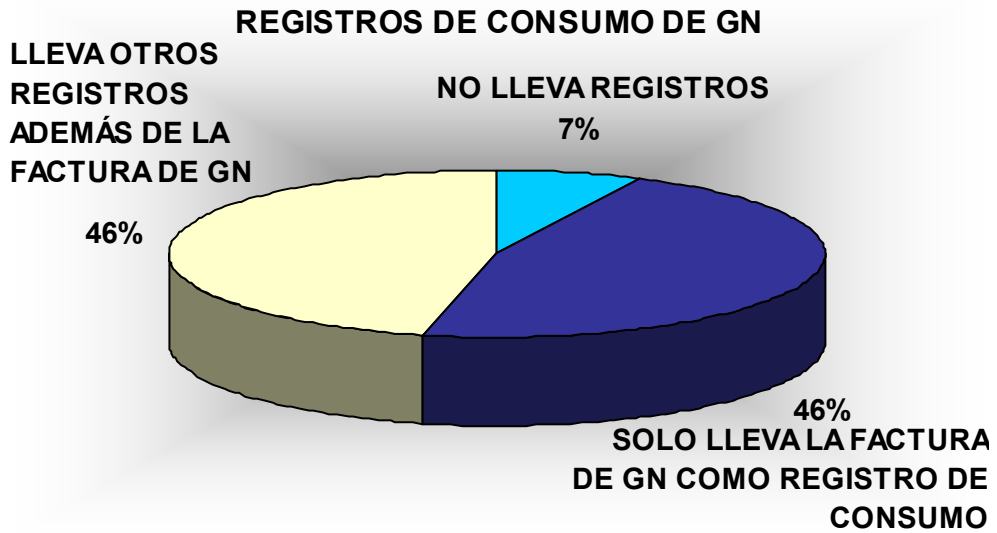
- El 71% de las empresas aseguran llevar los registros de consumo de GN vs producción (GN vs producto - Gráfica 12), sólo el 46% de las empresas lleva el control de consumo (Gráfica 13), además, del entregado mensualmente en la factura entregada por GASORIENTE S.A. Lo que lleva a concluir que para el 54% restante puede conocer las tasas de consumo de GN sólo al cabo de 30 días, sin prestarle mayor importancia a las posibles alzas en el transcurso de este periodo, lo que implica pérdidas económicas para el empresario.

**Gráfica 12.** Producción vs consumo de GN.



Fuente: Autores.

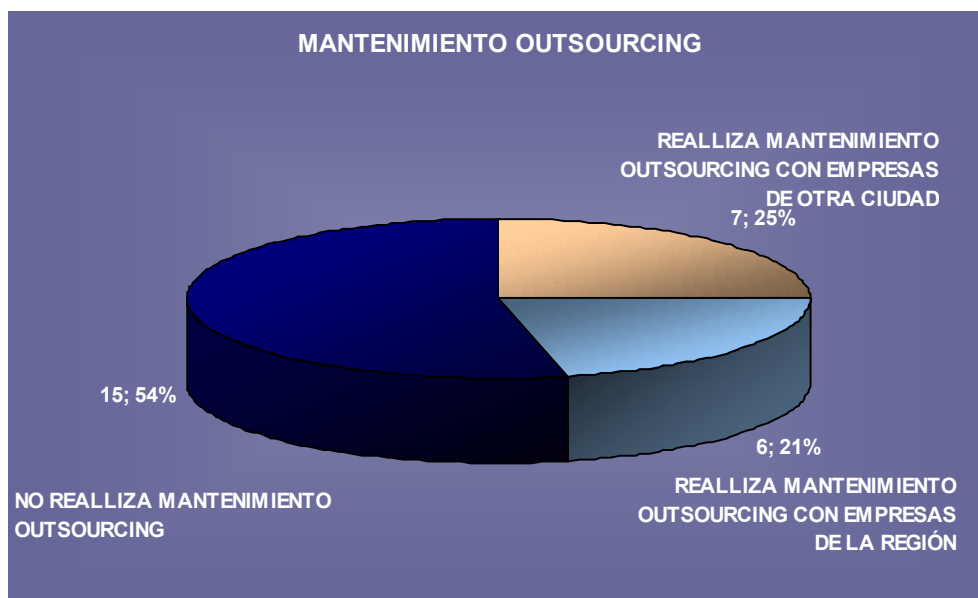
**Gráfica 13.** Registros de consumo de GN.



Fuente: Autores.

6.2.6. Relacionado con el mantenimiento y nivel tecnológico. El 46% de las empresas encuestadas tienen un servicio de mantenimiento outsourcing; de éstas el 46% es realizado por alguna entidad de otra ciudad (Bogotá, Medellín, Barranquilla), el 54% de las empresas realizan mantenimiento interno donde sus labores se basan técnicamente en la limpieza del equipo (ver Gráfica 14).

**Gráfica 14.** Mantenimiento outsourcing.



Fuente: Autores

- La industria santandereana necesita de una entidad competitiva que pueda prestar el servicio de mantenimiento y puesta a punto de los equipos, con un resultado de alta calidad, enfocado principalmente a las empresas que utiliza calderas en sus procesos (Sectores: Alimentos y bebidas y servicios), puesto que dichos sectores representan el mayor consumo energético.

- Las empresas encuestadas son concientes que están fallando en mantenimiento, puesta a punto de sus equipos y nivel tecnológico de éstos, donde esta última implicaría una alta inversión, por lo cual es necesario realizar un análisis costo-beneficio para ver la viabilidad de dicha inversión, por lo tanto, es necesario enfocar las deficiencias energéticas hacia el mejoramiento del mantenimiento ejecutado por la empresa, con organización, planeación y personal calificado que garantice las condiciones óptimas en el funcionamiento de los equipos y así lograr un incremento en la competitividad de la empresa.

- El 18% de las empresas entrevistadas cuentan con una estructura de mantenimiento adecuada, con personal altamente capacitado. El restante 82% presentan falencias en la organización interna del mantenimiento; donde el 29% de estas empresas cuentan con un ingeniero jefe de mantenimiento, pero esto no garantiza la adecuada gerencia de mantenimiento ya que algunos no cuentan con las herramientas para el desempeño de sus función, el otro 46% cuenta con tecnólogos, técnicos especializados en mantenimiento o técnicos con experiencia como jefes de mantenimiento, el 7% final no cuenta con una jefatura de mantenimiento; en éstas el mantenimiento es guiado por otra dependencia de la empresa. Los parámetros que se tuvieron en cuenta para la organización del mantenimiento se observan en el anexo I.

- El 7% de las empresas tiene una necesidad alta de mantenimiento, debido a falencias en los siguientes parámetros (anexo I): tipo de mantenimiento, horas de trabajo y edad del equipo, su procedencia (por la dificultad de adquirir repuestos), el 75% de las empresas tienen equipos con una necesidad media de mantenimiento; lo que significa que no usan el rendimiento máximo del equipo y porque éste es relativamente nuevo (hasta 10 años), el

25% de las empresas cuentan con equipos que se están desaprovechando por su poco uso (menos de 12 horas/día).

- Referente al tipo de mantenimiento el 89% de las empresas contestó que practican mantenimiento preventivo, los autores creen que la mayoría de las empresas tienen un concepto errado de este tipo de mantenimiento ya que muchas de estas empresas (64%) coincidieron en decir que también practican mantenimiento correctivo, respecto al mantenimiento predictivo el 4% que corresponde a una empresa dijo que practica alguna clase de este mantenimiento.

- En la región se encontraron los extremos a nivel tecnológico; representado por dos empresas cada una con el 6% del total de los equipos, una de ellas catalogada como muy alta por sus avances en este aspecto (según las tablas del anexo J realizadas por los autores para cuantificar el nivel tecnológico de las empresas del AMDB), el otro extremo fue clasificada como muy baja ya que su operación prácticamente manual. La mayoría de los equipos están en un nivel medio y bajo (84%), esto debido a que los equipos tienen más de 10 años de edad o porque son mínimos los parámetros que se controlan, además, los equipos tienen controladores de lógica cableada lo que no permite una flexibilidad en el control de los parámetros de medición.

- No se puede tener total certeza sobre los datos cuantitativos de la encuesta porque la misma tecnología de la empresa (carencia de aseguramiento metrológico) y la falta de estudios influyen sobre las apreciaciones acerca de los equipos y el proceso.

## 7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL GAS NATURAL FRENTE A OTROS COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN EL AMDB.

De acuerdo con las afirmaciones sustentadas por cada encuestado, además de las conclusiones determinadas por los datos que se presentan en la Tabla 13 y Tabla 14 obtenidas del Convenio UIS – IDEAM para la evaluación ambiental de sectores productivos, se observan las siguientes ventajas y desventajas.

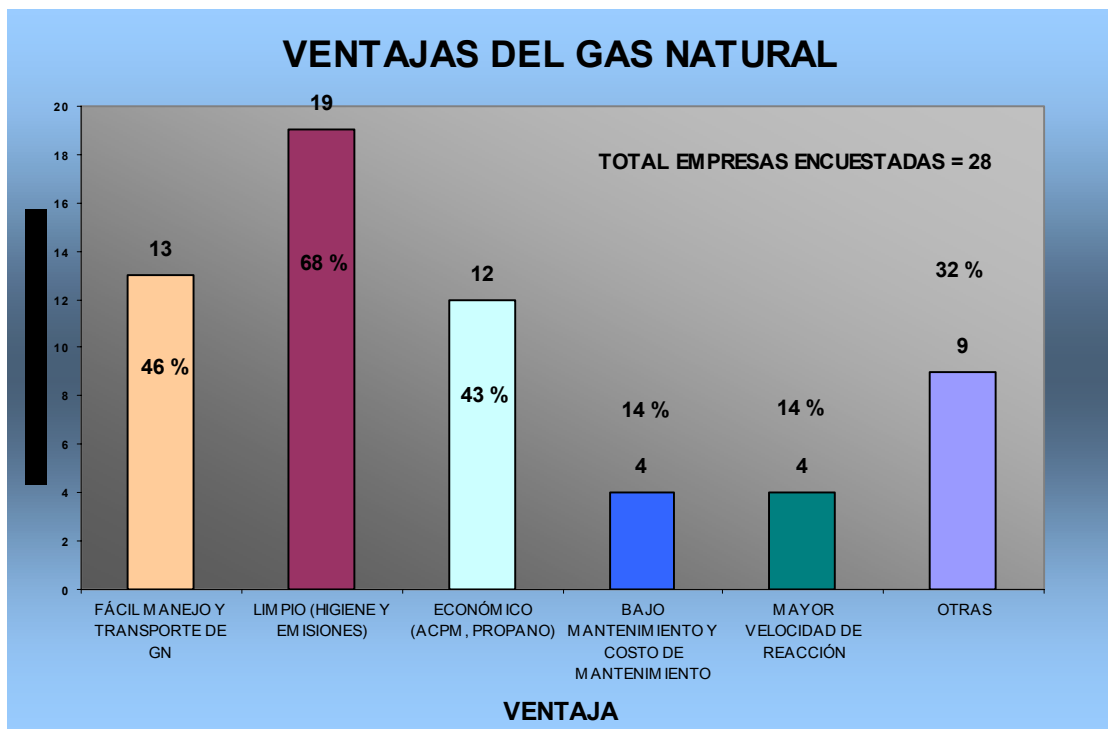
**Tabla 10.** Ventajas y desventajas del gas natural según empresas del AMDB.

VENTAJAS DEL GAS NATURAL	DESVENTAJAS DEL GAS NATURAL
Fácil manejo y Facilidad de transporte	Aumento en las tarifas (costos)
Limpio (emisiones e higiene)	Variabilidad del poder calorífico
Mejor poder calorífico	Calidad del gas natural
Bajo mantenimiento del equipo	Más expuesto a siniestros (atentados)
No necesita equipos para el manejo de material particulado	No se facilita el análisis último del gas natural
Económico ( vs ACPM, Propano)	Corte de suministro (previo aviso, atentados)
Bajos costos de mantenimiento	Pierde eficiencia el equipo
Poco personal para la operación del equipo	Más riesgoso (más sistemas de seguridad)
Fácil de controlar	Costoso vs carbón
Buena eficiencia	Presenta caídas de presión
No se almacena	Es inodoro (peligro de aire en la tubería de suministro)
Manejo seguro	Sistemas de medición mecánicos (inexactos)
mejor velocidad de reacción	Infraestructura
El secado del arroz es más uniforme	
Eficiencia estable	
Inspección constante por GASORIENTE	

Fuente: Autores

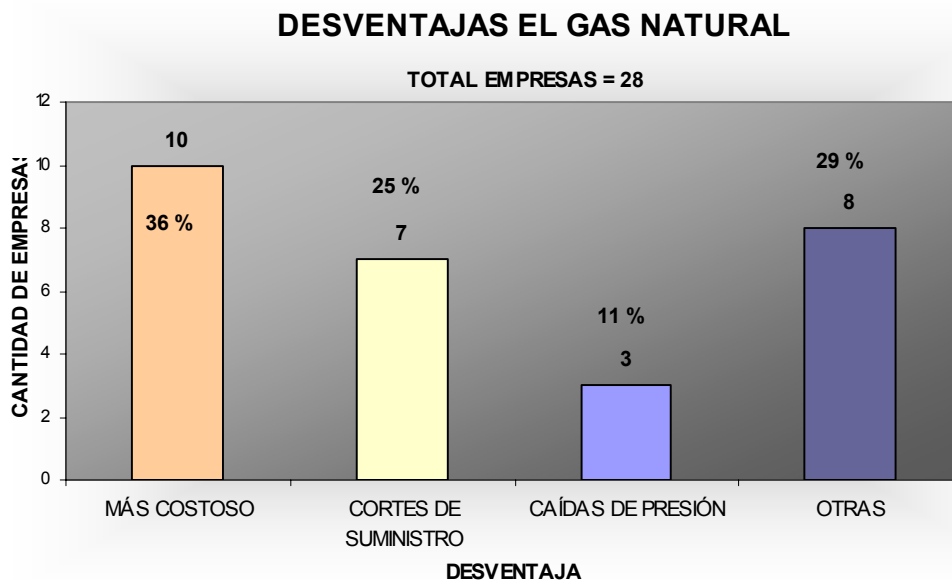
- En las Gráfica 15 y Gráfica 16 se puede observar que el sector industrial santandereano encuestado coincide en que el gas natural es el combustible fósil más limpio, de más fácil manejo y transporte, aunque el aumento en sus tarifas es su mayor desventaja frente al carbón (principal competidor en el área metropolitana de Bucaramanga), vale resaltar que con un adecuado proyecto energético que garantice a la empresa consumir el combustible necesario para sus procesos; implicaría un ahorro y mayor competitividad de la empresa en la industria.

**Gráfica 15.** Ventajas del Gas Natural.



Fuente: Autores.

Gráfica 16. Desventajas del Gas Natural.



Fuente: Autores.

### 7.1. CUADRO COMPARATIVO DE LOS DIFERENTES COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

En la Tabla 11 se muestran las principales diferencias entre el gas natural, carbón y ACPM, combustibles más utilizados en el área metropolitana de Bucaramanga; en la tabla se observa que las principales ventajas del GN son: menor impacto ambiental, Difusión con el aire, transporte y mantenimiento.

**Tabla 11.** Cuadro comparativo de los diferentes combustibles utilizados en el AMDB.

CONCEPTO	GAS NATURAL	CARBÓN	ACPM
Material particulado	No necesita ningún dispositivo de control para material particulado producto de la combustión.	Necesita de dispositivos de control para el manejo de material particulado, lo que implica tecnologías más costosas.	Necesita de dispositivos de control para el manejo de material particulado, lo que implica tecnologías más costosas.
Difusión con el aire	Los combustibles gaseosos se pueden difundir fácilmente en la corriente de aire primario.	Los combustibles sólidos se deben pulverizar o por lo menos moler para que los efectos de difusión del aire no generen una combustión incompleta e ineficiente. Lo que implica mayor inversión en equipos y tecnología.	Los combustibles líquidos se deben quemar en forma de rocío muy fino para lograr una combustión eficiente. Lo que implica mayor inversión en equipos y tecnología.
Exceso de aire	El porcentaje de exceso de aire requerido para lograr una combustión completa puede tener valores de solo 5% como mínimo.	El exceso de aire a manejar en combustibles sólidos depende del tamaño de partícula y oscila entre 30 - 60 %.	Para combustibles líquidos se deben alcanzar valores de exceso de aire como mínimo de 15%.
Transporte y almacenamiento	No es necesario almacenarlo y su transporte es realizado a través de tuberías subterráneas y gasoductos.	Su transporte es realizado a través de vehículos de carga pesada que desplazan el combustible directamente hasta la empresa, para que sea almacenado, sin embargo, cuando este combustible es almacenado en pilas al descubierto puede convertirse en fuente importante de material particulado que el viento arrastra.	Es transportado por carro tanques hacia su destino y almacenado en recipientes cerrados, sin embargo, el almacenamiento de combustibles y crudos en tanques, genera comúnmente una corriente de compuestos orgánicos volátiles que se evaporan del combustible a pesar de estar confinados.

Fuente: Autores.

**Continuación Tabla 11.** Cuadro comparativo de los diferentes combustibles utilizados en el AMDB.

CONCEPTO	GAS NATURAL	CARBÓN	ACPM
Mantenimiento	Las labores de limpieza y mantenimiento se realizan con menor frecuencia debido a la limpieza del combustible.	Las labores de limpieza dentro de la caldera son más tediosas debido al exceso de hollín y material particulado presente en la combustión.	Aunque no con la misma intensidad que el carbón, los equipos que trabajan con combustibles líquidos necesitan mayor frecuencia de mantenimiento que los que laboran con GN.
Costos	En el AMDB el costo promedio por m <sup>3</sup> oscila entre <b>\$(400-500)</b> , ya que este varía en relación al consumo. Teniendo en cuenta un mismo requerimiento de energía <b>(46 GJ)</b> según tabla 12, económicamente costaría entre <b>\$(484210-605263)</b>	El precio promedio por tonelada de carbón oscila entre <b>\$(100000-150000)</b> , ya que este varía dependiendo de sus propiedades. Sin embargo bajo las mismas condiciones de energía requerida, según tabla 12, costaría <b>\$(164285-246428)</b>	Su precio está establecido en <b>\$4037.64</b> por galón y se necesitaría de <b>\$1'232920</b> , para cumplir con las mismas condiciones de trabajo según tabla 12.

Fuente: Autores.

**Tabla 12.** Consumo de combustible para 46 GJ.

Fuente de Energía	GJ/ton de combustible consumido	GJ/m <sup>3</sup> de combustible consumido	Consumo para 46 GJ
Energía eléctrica	-	-	-
Carbón	28	-	1.64 ton
ACPM	43	39.8	305.3 gal
Gasolina	41	35.0	-
Gas Natural	46	0.038	1210.5 m <sup>3</sup>

(1M = mega =1 millón, 1GJ =1000 millones, 1galón=3.785litros, 1000KW equivale a 1MW-h)

Fuente: Documento para Reportar Indicadores de Desempeño. Responsabilidad Integral Colombia, diciembre 2001.

### 7.1.1. Emisiones de gases<sup>13</sup>.

**SO<sub>x</sub>**: entre los combustibles utilizados en los procesos de producción del AMDB, el mayor generador de óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) es el carbón independiente de su lugar de origen, seguido por el ACPM y por último el gas natural, como se observa en la Tabla 13 y Tabla 14, teniendo en cuenta un mismo requerimiento de energía (1000 MJ) y una eficiencia de combustión del 100%.

---

<sup>13</sup> Convenio UIS - IDEAM, "Sistema de información para la evaluación ambiental de sectores productivos" - Bucaramanga, Mayo de 1999.

**Tabla 13.** Emisiones y Residuos ocasionados por el carbón.

Origen del carbón	Consumo (Ton)	EMISIONES Y RESIDUOS (kg/1000 MJ)				
		CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	MP	Cenizas
Valle	0,042	91,248	0,801	0,458	6,620	10,764
Checuá	0,033	86,202	0,618	0,353	1,978	3,217
Suesca	0,035	88,714	0,665	0,380	2,801	4,555
Samacá	0,033	86,202	0,618	0,353	1,978	3,217
Sogamoso	0,032	86,500	0,610	0,349	1,797	2,922
Suárez	0,038	90,210	0,713	0,407	3,707	6,027
El Hoyo	0,042	96,923	0,798	0,456	3,886	6,319
Antioquia	0,040	98,231	0,764	0,436	2,282	3,711
Cerrejón C.	0,035	89,793	0,669	0,382	1,743	2,834
Cerrejón N.	0,036	90,345	0,693	0,396	1,512	2,459
EL Descanso	0,041	95,679	0,787	0,449	2,646	4,302
La Jaqua	0,034	91,220	0,649	0,371	1,065	1,732
La Loma	0,037	94,600	0,702	0,401	1,223	1,988
San Jorge	0,052	99,969	0,997	0,570	5,307	8,630
N.Santander	0,033	87,049	0,618	0,353	1,787	2,906
Santander	0,038	85,868	0,714	0,408	5,077	8,256
Tunja	0,059	119,220	1,125	0,642	4,408	7,168

Fuente: sistema de información para la evaluación ambiental de sectores productivos - Mayo de 1999.

**Tabla 14.** Emisiones y residuos ocasionados por ACPM y GN.

Combustible	EMISIONES Y RESIDUOS (Kg/1000 MJ)				
	CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	MP	Cenizas
<b>ACPM</b>	83.829	0.254	0.220	0.028	0.003
<b>Combustóleo</b>	83.635	1.590	0.220	0.105	0.026
<b>Crudo de Castilla</b>	83.635	1.399	0.220	0.094	0.026
<b>Keroseno</b>	83.635	0.057	0.220	0.016	0.003
<b>Gas Natural</b>	57.251	0.000	0.047	0.004	0.000

Fuente: Sistema de información para la evaluación ambiental de sectores productivos - Mayo de 1999.

**NO<sub>x</sub>:** a medida que se utilizan mayores excesos de aire es mayor la propensión a liberar óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), es por ello que el carbón es su mayor productor, sin embargo, la capacidad de difusión que la fuente de oxígeno muestra en torno al combustible de ignición juega un papel importante, por lo tanto los combustibles líquidos y gaseosos, en este orden, generan menor cantidad de NO<sub>x</sub> cuando se considera combustión completa, (ver Tabla 13 y Tabla 14).

**Material particulado:** el uso del carbón (Tabla 13 y Tabla 14) genera la mayor cantidad de material particulado dentro del espectro de combustibles. Sobre este aspecto juega un papel crucial la cantidad de material inorgánico que se encuentra originalmente en el combustible antes del proceso de combustión y es obvio que los combustibles líquidos y gaseosos muestran los menores contenidos de dicho tipo de compuesto.

## 8. RECOMENDACIONES PARA LOS EQUIPOS DEL AMDB.

### 8.1. Recomendaciones para calderas.<sup>14</sup>

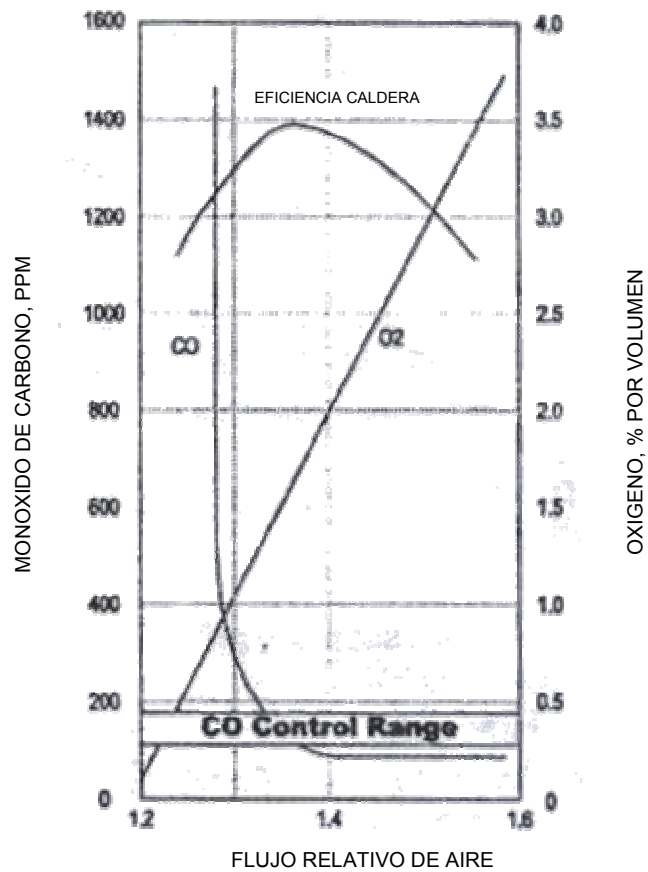
❖ Se recomienda realizar un estudio para determinar la **eficiencia** de los equipos, basado en los análisis de gases producto de la combustión (CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub>, etc) y en balances de masa y energía para determinar en donde radican las respectivas pérdidas, además, hacer un seguimiento continuo en la variación de la misma y de esta forma realizar las correcciones necesarias para mantener una óptima eficiencia.

En la gráfica 17, se muestra la influencia en la eficiencia de caldera de las variaciones en las concentraciones de CO y O<sub>2</sub> en los gases de escape. Se debe mantener el control de CO por debajo del máximo recomendado (400 ppm). Su control se debe mantener entre 100 a 150 ppm, ya que la experiencia muestra que en esta zona se obtiene el máximo rendimiento.

---

<sup>14</sup> Como guía para las recomendaciones se siguió: el libro de Operación y Mantenimiento de calderas de Javier Castro Mora (capítulo 5), los PDF's; Guía de buenas prácticas en uso racional de la energía en el sector de las pequeñas y medianas empresas y Mejora de la eficiencia energética en calderas industriales en el Perú.

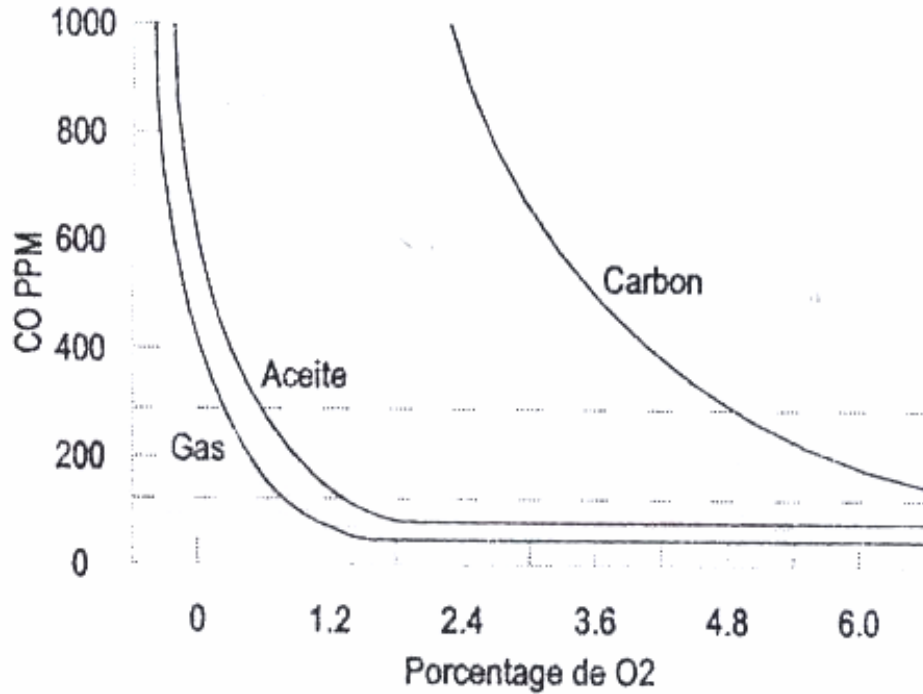
Gráfica 17. Concentraciones de CO, O<sub>2</sub>.



Fuente: Operación y mantenimiento de calderas - Javier Castro Mora.

- ❖ Debido a que el **exceso de aire** es uno de los parámetros de mayor importancia en la eficiencia de la combustión, en calderas se recomienda mantener el exceso de aire entre un **5 - 10 %** (Gráfica 18).

**Gráfica 18.** Control de exceso de aire CO vs O<sub>2</sub>.



Fuente: Operación y mantenimiento de calderas – Javier Castro Mora

Sin embargo, en aquellas que funcionan con gas natural, si hay deficiencia de aire existe peligro de explosión cuando gases combustibles encuentran una temperatura suficientemente alta y chispa de ignición en presencia de bolsas de aire.

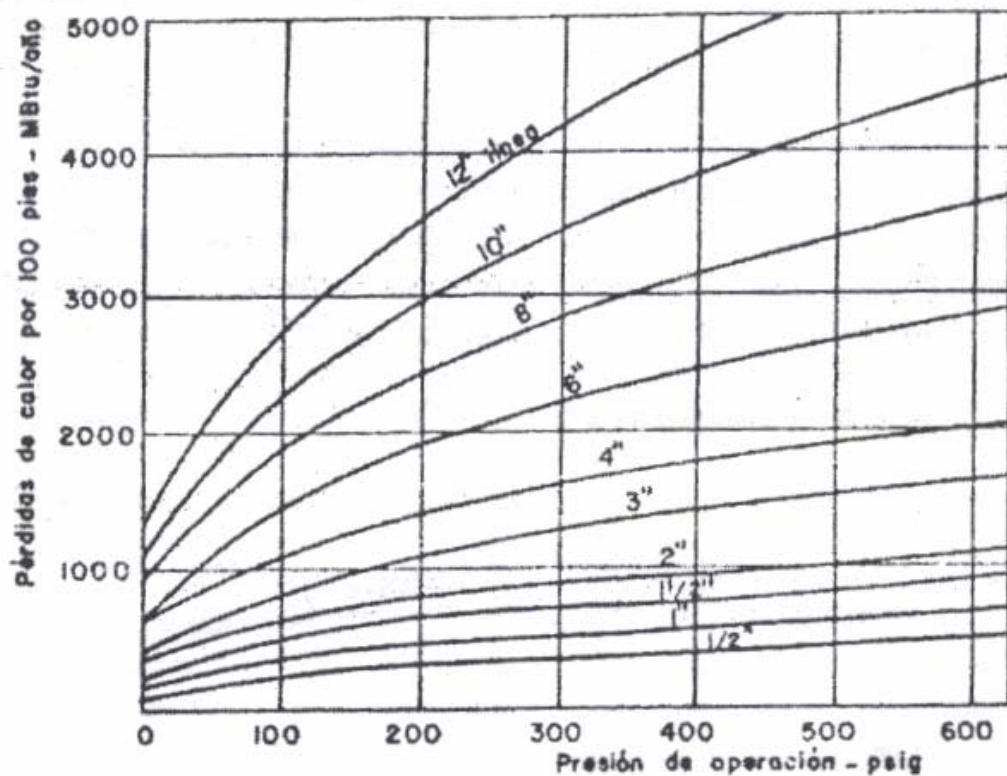
Como **precaución** se debe mantener el exceso de aire como mínimo entre **10% a 15%**, según el libro operación y mantenimiento de calderas de Javier Castro Mora.

❖ Realizar un rediseño de la chimenea para garantizar un adecuado  **tiro** y mantenerlo entre **-2 y -3 mm** (-0.1 pulgadas) de columna de agua.

- ❖ Realizar un rediseño de las líneas de vapor así como aislar las mismas térmicamente para minimizar las **pérdidas por tramo de tubería**.

En la Gráfica 19 se presenta las pérdidas de calor de tramo de 100 pies para diferentes tipos de presión y diámetros.

**Gráfica 19.** Pérdidas de calor en líneas de vapor sin aislar.



Fuente: Operación y mantenimiento de calderas - Javier Castro Mora

- ❖ Aislar las calderas térmicamente para minimizar las **pérdidas por radiación y convección**: para el caso específico de calderas sin aislar los datos de la Tabla 15, da estimativos de pérdidas de calor.

**Tabla 15.** Pérdidas de calor en equipos sin aislar.

Temperatura superficial		Pérdida de calor	
°F	(°C)	Btu/hr-pie <sup>2</sup>	(KJ/hr-m <sup>2</sup> )
180	(82)	213	(2,419)
280	(138)	540	(6,133)
300	(149)	990	(11,244)
480	(249)	1,600	(18,171)
580	(304)	2,395	(27,200)
680	(360)	3,420	(38,841)
780	(416)	4,707	(53,458)
880	(471)	6,285	(71,879)
980	(527)	8,721	(99,845)
1,080	(582)	10,640	(120,840)

Fuente: Design of fluid systems, Hook - Ups, Spirax/Sarco 1990

❖ Mantener la **temperatura de los humos** entre 293 °F (145 °C); temperatura de rocío del ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) para evitar la corrosión por su formación y 400 °F (198 °C).

❖ Realizar **calibración y ajustes de la caldera** para mantener óptimo el exceso de aire (relación aire-combustible, variando el exceso de aire) y con ello mejorar la eficiencia de la caldera.

❖ Realizar monitoreo y control de la caldera donde se realicen chequeos periódicos y se controle:

- Flujo de vapor y gas natural (GN).
- Presión y temperatura (agua, vapor y GN).
- Posición del damper de aire.
- Indicaciones de flujo de aire (O<sub>2</sub> en el aire de entrada y humos).

- Flujo y temperatura de gases producto de la combustión.
  - Indicación de combustible sin quemar (medida de CO, apariencia de la llama, apariencia de la pluma de gases).
  - Condiciones anormales (escapes de vapor, vibración o ruidos anormales, mal funcionamiento del equipo y excesiva agua (tratada) de reposición.
  - Operación del sistema de purga (frecuencia de purga), dependiendo de las partículas en suspensión (se recomienda 4000 ppm a 100 psi).
- 
- ❖ Se recomienda realizar mensualmente un **análisis de gases y chequeos** al sistema de combustión para calderas.
- 
- ❖ Realizar calibración y ajustes al **regulador de presión** de gas natural (baja presión puede indicar mal funcionamiento).
- 
- ❖ Realizar calibración y ajuste de **instrumentaciones y controles**, esta área es crítica dentro del plan de mantenimiento para mejorar el rendimiento del equipo, la función del control de combustión es mantener la relación aire-combustible (A/F) más adecuada para minimizar las pérdidas por combustible sin quemar y por gases.
- 
- Revisar y corregir si es necesario **desalineamiento y desgaste** de los sistemas mecánicos.
- 
- Realizar limpieza de los **sistemas electrónicos**, revisar los aislamientos y circuitos.

- ❖ Crear un **programa de mantenimiento** adecuado de acuerdo al record de reparaciones, ajustes y fallas.
  
- ❖ No utilizar dos calderas a nivel de **carga parcial** si una sola es capaz de generar el vapor deseado. En las empresas que existen dos calderas trabajando al mismo tiempo se recomienda: que una de ellas trabaje a su máxima carga mientras la otra compensa la carga faltante para el proceso.
  
- ❖ Utilizar **precalentadores de aire** y **economizadores** para elevar la temperatura del aire y agua de alimentación.

## 8.2. RECOMENDACIONES PARA HORNOS INDUSTRIALES.<sup>15</sup>

- ❖ Aumentar la carga de los hornos y operarlos a plena producción.
  
- ❖ En caso de hornos intermitentes evitar el enfriamiento excesivo entre operaciones.
  
- ❖ Aislar adecuadamente las paredes del horno y las conducciones calientes.
  
- ❖ Precalentar el aire de combustión con el material que se debe enfriar.
  
- ❖ Quemar el combustible con bajo exceso de aire.
  
- ❖ Precalentar el material con los gases calientes de la zona de cocción.

---

<sup>15</sup> PDF - Guías de buenas prácticas en el uso racional de la energía en el sector de las pymes - Centro nacional de producción más limpia.

- ❖ Operar en lo posible en contra corriente.
  
- ❖ Secar con los gases calientes que provienen de la zona de precalentamiento.
  
- ❖ Mantener la materia prima en zonas aireadas y cubiertas para que entre lo más seca posible al horno.
  
- ❖ Recuperar la energía sensible de los humos de chimenea. Estas pérdidas pueden reducirse así:
  - Precalentar el aire para secar y precalentar los sólidos que van a entrar al proceso.
  
  - Precalentar el aire de combustión cuando no se hace con los sólidos que deben enfriarse.
  
  - Recirculando parte de los humos para rebajar la temperatura en la zona de combustión.
  
- ❖ Permitir posibilidades de aprovechamiento del calor de los gases para secado.
  
- ❖ Permitir recalentamiento o recirculación con el objeto de tener los gases de la chimenea a una temperatura lo más baja posible.
  
- ❖ Diseñar teniendo en cuenta las necesidades reales de producción.

- ❖ Explorar la posibilidad de trabajar de forma continua y a alta capacidad.
- ❖ Aislar adecuadamente el horno.
- ❖ Seleccionar quemadores de alta eficiencia, en lo posible con precalentamiento de aire y control de emisiones de NO<sub>x</sub>.
- ❖ Realizar mediciones de control de temperatura y flujo de combustible dependiendo del proceso a realizar.
- ❖ verificar que los parámetros (temperatura) de operación no se alejen de los de diseño del fabricante.
- ❖ Conservar el aislamiento en óptimas condiciones.
- ❖ Mantener el sistema de control en buen estado y acorde con los parámetros óptimos.
- ❖ Realizar evaluaciones de pérdidas regularmente.
- ❖ Llevar estadística de carga y de proceso. En general el rendimiento cae cuando se opera en puntos retirados del de diseño.

Es importante aprovechar al máximo la transferencia de calor y operar las cámaras de combustión a las mayores temperaturas posibles. Operar con elevados excesos de aire origina pérdidas de energía, con respecto al precalentamiento de aire de combustión, se presentan ahorros, pero esta

medida debe ir acompañada de un análisis de costos, ya que se requieren dispositivos especiales para ello.

### **8.3. RECOMENDACIONES PARA SECADORES:<sup>16</sup>**

- ❖ Operar de forma regulada el equipo.
- ❖ Medir la eficiencia regularmente.
- ❖ Cargar el producto de forma regular, de forma que no se dejen espacios para que el aire busque rutas preferenciales.
- ❖ Si el equipo tiene sistemas de recirculación, estos se deben utilizar y calibrar.
- ❖ Evitar que la temperatura sea la única variable que se controla. Esto puede ser muy engañoso y llevar a consumos excesivos de combustible.
- ❖ Calibrar los instrumentos.
- ❖ Desarrollar métodos adecuados de determinación de humedad en el producto. Este punto es muy importante, pues se pueden generar altos costos en busca de puntos de secado muy exigentes.
- ❖ Mantener el sistema limpio y evitar que el aire de descarga final sea succionado de nuevo hacia la entrada del sistema.

---

<sup>16</sup> PDF - Guías de buenas prácticas en el uso racional de la energía en el sector de las pymes - Centro nacional de producción más limpia.

## **9. PORTAFOLIO DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS A OFRECER POR EL CDT DE GAS PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGÍA (URE) EN PROCESOS DE COMBUSTIÓN DE GAS NATURAL.**

El portafolio de servicios tecnológicos a ofrecer por el CDT de Gas se baso en el análisis energético descrito anteriormente, debido a que el equipo más utilizado y por lo tanto consume más combustible en el AMDB es la caldera el portafolio se enfoco en el proceso productivo donde se utiliza este equipo.

El portafolio fue diseñado con el propósito de optimizar los procesos de combustión de gas natural, pero puede ser aplicado para cualquier proceso, comprende a nivel general, la realización de una auditoria energética que busca detectar las causas de los problemas de ineficiencias que originan altos consumos y costos de producción, para plantear soluciones que lleven a la optimización del proceso.

Este portafolio de servicios requiere de personal experto en medición, cálculos de energía y análisis económico que garantice la efectividad y confiabilidad del servicio.

Los puntos presentes en el siguiente portafolio están expuestos con base en:

- Los problemas energéticos encontrados en el estudio (anexo H) y al desconocimiento de éstos por parte del sector industrial.
- El desconocimiento del impacto ambiental del sector industrial.
- La carencia de aseguramiento metrológico.

- La sugerencia y conveniencia del cliente.
- El desconocimiento de URE.
- El aseguramiento del óptimo desempeño de los equipos y del proceso.

Los servicios incluidos en las auditorías energéticas a ofrecer por el CDT de GAS son:

- ❖ Estudio energético del proceso.
  - Cálculo de eficiencia de los equipos y del proceso.
  - Determinación de las pérdidas que originan la ineficiencia del proceso.
- ❖ Seguimiento y monitoreo continuo (de los parámetros que influyen en la eficiencia del proceso y así garantizar el óptimo rendimiento de los equipos).
  - Monitoreo y control de la caldera:
    - ✓ Presión y temperatura (agua, vapor y GN).
    - ✓ Posición del damper para la relación aire-combustible.
    - ✓ Indicaciones de flujo de aire ( $O_2$  en los humos y entrada a la caldera).
    - ✓ Flujo y temperatura de gases producto de la combustión.
    - ✓ Indicaciones de flujo sin quemar.

- ✓ Condiciones anormales de operación (escapes de vapor, vibración, y ruidos anormales, mal funcionamiento del equipo).
- ✓ Frecuencia de purga dependiendo de los sólidos en suspensión.
- ❖ Inspección del diseño estructural del proceso.
  - Diseño de la chimenea y líneas de vapor.
- ❖ Puesta a punto de los equipos.
- ❖ Control de emisiones de gases.
  - Análisis de gases producto de la combustión.
  - Monitoreo y registro de gases producto de la combustión.
- ❖ Calibración de equipos de regulación y control de accesorios.
  - Calibración de la caldera para mantener óptimo el exceso de aire.
  - Calibración y ajuste del regulador de presión de gas natural.
  - Calibración y ajuste de instrumentos medidores de presión, temperatura y nivel de agua (manómetros, termocuplas, medidores de flujo).
  - Calibración y ajuste de válvulas de seguridad.
  - Calibración y ajuste de trampas de vapor.
- ❖ Control de suspensión de sólidos en el agua.

- ❖ Mantenimiento general del equipo.
  
- ❖ Capacitación de personal.
  
- Uso racional y eficiente de energía (URE).
- En mantenimiento.
- Operación de calderas.
- Calibración de equipos y accesorios.
- Seguridad industrial.
- Normas técnicas.

## **9.1. PERSONAL NECESARIO EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PORTAFOLIO DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS**

Dentro de las labores planteadas en el portafolio de servicios se definen dos tipos de personal: personal de prueba y personal de mantenimiento.

**9.1.1. Personal de prueba.** Este grupo de personas son las encargadas de gestionar la auditoría energética, tomar las mediciones necesarias (trabajo en planta), hacer los correspondientes cálculos, informes, correcciones y recomendaciones en la realización de la auditoría energética.

Este sector estará compuesto de la forma como se muestra en la tabla 16.

**Tabla 16.** Personal de Prueba.

PERSONAL	SALARIO MENSUAL[\$]	LABOR
1 Ing. Mecánico	1`400.000 + prestaciones	Trabajo de planta y cálculos.
1 Tecnólogo Electromecánico	880.000 + prestaciones	Trabajo de planta.
1 Ing. Industrial	1`400.000 + prestaciones	Realiza las Evaluaciones económicas y la gestión de proyectos.
1 Ing. Mecánico con especialización en procesos térmicos y/o combustión	(2`500.000-3`000.000) + prestaciones	Dirige, organiza y ubica las fallas presentes en la planta.

Fuente: Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT) de Gas

**9.1.2. Personal de mantenimiento.**<sup>17</sup>. Este sector es el encargado de realizar todas las labores correspondientes al mantenimiento y limpieza de la caldera junto con sus respectivos circuitos eléctricos y electrónicos. Este grupo estará compuesto de la forma como se muestra en la Tabla 17.

**Tabla 17.** Personal de Mantenimiento.

PERSONAL	SALARIO POR CONTRATO[\$]
1 Ing. Mecánico	Depende del contrato
1 Soldador	150.000
1 Tubero	150.000
1 Técnico Electricista	400.000
1 Técnico Electrónico	400.000
2 Ayudantes	(50.000-60.000) c/u

Fuente: Ing. Alfonso Ramírez (Representante de calderas CONTINENTAL S.A.)

## **9.2. EQUIPOS A UTILIZAR POR EL PERSONAL DE PRUEBA.**

El equipo ha utilizar por el personal de prueba se muestra en la tabla 18.

---

<sup>17</sup> Debido a que el CDT de gas no maneja el área de mantenimiento de calderas, los autores fueron asesorados por el Ing. mecánico Alfonso Ramírez representante de calderas CONTINENTAL S.A. en Bucaramanga.

**Tabla 18.** Equipos a utilizar por el personal de prueba.

EQUIPO	MARCA	MODELO	RANGO DE OPERACIÓN	MAGNITUD A MEDIR	PRECIO
Termómetro digital	GORDON	S200	0 - 100 °C	Temp. Ambiente.	800000
Termocupla	-----	Tipo J	-210 - 1200 °C	Temp de superficie.	180000
Manómetro de Carátula	ASHCROFT	-----	0 - 200 psi	Pres. De caldera y de proceso.	1`000000
Manómetro de Carátula	FISHER	-----	0 - 60 psi		800000
Manómetro de Carátula	NUOVA FIMA	-----	0 - 100 psi		800000
Manómetro de Carátula	MARSHALL TOWN	-----	0 - 10 inch H <sub>2</sub> O	Pres. combustible.	600000
Cronómetro	ROBIC	C-P800-3234340	9h 59' 59"	Tiempos.	150000
Cinta métrica	STANLEY	34 - 261	0 - 20 m	Longitudes	80000
Rotámetro (para Líquidos)	COLE PARMER	-----	35 - 522 ml/min	Flujo de agua	400000
2 RTD PT 100	TERMOCUPLAS LTDA	-----	0 - 450 °C	Temp. de agua y vapor	600000
Barómetro electrónico	OMEGA	PXMO2MDO	541 - 1080 mbar	Pres. Ambiente.	3`500000
Bloque seco	PRESYS	T - 25N	-----	Calibrador termocuplas	6`000000
Hygro Termo Anemómetro	EXTECH	407412	0 - 50 °C	Temp, velocidad y humedad del aire.	1`200000
Bomba neumática manual	PRESYS	BY 100	0 - 500 psi	Calibrador manómetros	800000
Cámara Fotográfica digital	CANON	POWER SHOT A 60	3X ÓPTICO - 2.5X DÍGITAL	-----	700000
Land combustion	URIGO	LANCOM II	-----	Emissiones y temp de chimenea	85`000000
Balanza	OHAUS	GT 8000	0 - 8000 g	Peso de muestras gravimétricas	2`000000

Fuente: Centro de desarrollo Tecnológico de gas - Autores.

### 9.3. Equipo a utilizar por el personal de mantenimiento.

El equipo a utilizar por el personal de mantenimiento se muestra en la Tabla 19.

**Tabla 19.** Equipo a utilizar por el personal de mantenimiento.

EQUIPO	PRECIO[\$]
1 Roscadora (4", 6", ...)	100'000.000
1 Rebordeadora	12'000.000
Equipo de soldadura (MIC, TIC, electrodo revestido)	6'000.000 - 7'000.000
1 Expander (1/2", 2", 3", 4")	6'000.000
Programadores electrónicos	5'000.000 - 6'000.000
Kit para análisis de agua	250.000
Churruscos para diferentes diámetros	30.000 - 50.000
Brocas de acero rápido y tungsteno (1/8" - 2")	20.000 - 50.000
Tapones cónicos y tornillos	20.000 - 50.000

Fuente: Ing. Alfonso Ramírez (Representante de calderas CONTINENTAL S.A.)

## **10. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Un monitoreo correcto de las mejoras de eficiencia energética obtenidas mediante la actividad del proyecto, resulta crucial para la sostenibilidad ambiental de las reducciones de emisiones logradas. Sin embargo, las mediciones de la eficiencia energética tienen cierto nivel de incertidumbre.

En el caso del proyecto URE, se puede reducir este factor de incertidumbre mediante procedimientos estandarizados para la medición y cálculo de las mejoras de la eficiencia energética y mediante procedimientos de aseguramiento y control de calidad.

Las mediciones de la eficiencia energética se llevarán a cabo en dos diferentes etapas de la implementación del proyecto:

1. Antes de la implementación de mediciones de mejora de la eficiencia energética.
2. Inmediatamente después de la implementación de las mediciones de mejora de la eficiencia energética.

Las dos mediciones son necesarias para verificar las mejoras de eficiencia energética alcanzadas. Las mediciones de la eficiencia energética son realizadas por personal de la entidad de monitoreo.

## 10.1. ESTÁNDARES TÉCNICOS

Los procedimientos y estándares técnicos para la medición de la eficiencia energética se encuentran especificados en diversas directrices técnicas.

El Performance Test Code for Fired Steam Generators (PTC 4-1998) (Código de Prueba de Rendimiento para Generadores de Vapor) publicado por la American Society of Mechanical Engineers (ASME 1998) es un estándar bien completo para todo tipo de generadores a vapor, que permite determinar el nivel de eficiencia energética con bastante precisión.

## 10.2. MÉTODO DE BALANCE DE ENERGÍA Y MÉTODO DE ENTRADAS Y SALIDAS

La eficiencia energética puede medirse siguiendo dos métodos distintos (ASME PTC 4 - 1998): el método de **balance de energía** (o método indirecto), y el **método de entrada y salida** (o método directo).

El balance de energía de una caldera puede dividirse en la entrada de energía como suministro de combustible, la salida de energía como producción de vapor y pérdidas

En el método de entrada y salida, se determina el suministro de combustible y la producción de vapor y se calcula la eficiencia energética dividiendo la energía en la salida de vapor entre la energía suministrada con el combustible.

**Tabla 20.** Ventajas y desventajas de los métodos para el cálculo de eficiencia.

	MÉTODO DE BALANCE DE ENERGÍA (Método indirecto)	MÉTODO DE ENTRADAS Y SALIDAS (Método directo)
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las medidas primarias (composición y temperatura del gas de combustión) puede hacerse de manera muy exacta con equipos relativamente simples</li> <li>El nivel de incertidumbre de los resultados de las pruebas es, con frecuencia, mas bajo que con el método de entradas y salidas.</li> <li>La medición de las diferentes perdidas permite identificar las fuentes de ineficiencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todas las perdidas son consideradas en la medición y no es necesaria la estimación de algunas perdidas.</li> <li>Requiere pocas mediciones.</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Algunas perdidas son prácticamente imposibles de medir y tienen que ser estimadas (perdidas debido a radiación, convección y conducción; purga de la caldera si se opera de manera discontinua; perdidas de operación debido a pausas o arranques).</li> <li>Requiere más mediciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flujo de combustible, poder calorífico, caudales de vapor y propiedades de vapor tienen que ser medidos de manera exacta para minimizar el nivel de incertidumbre.</li> <li>No se identifican fuentes de ineficiencia.</li> </ul>

Fuente: ASME PTC 4 - 1998, consideraciones de OKO - INSTITUT

Las ventajas y desventajas del método de entrada y salida y del método de balance de energía se presentan en la Tabla 20.

En la mayoría de los casos, el método de balance de energía conlleva una incertidumbre total de prueba más baja porque las pérdidas medidas representan sólo una fracción pequeña de la energía total. Asimismo, en la práctica es muy difícil medir de manera exacta las propiedades y caudales del vapor, lo que es necesario para el método de entrada y salida.

En cuanto al método de balance de energía, la medición de la composición y temperatura de los gases de combustión puede realizarse de forma

relativamente fácil y precisa, y esta información permite así determinar las pérdidas mayores.

La principal ventaja del método de entrada y salida es que todas las pérdidas están automáticamente cubiertas por las mediciones; mientras que con el método de balance de energía, algunas pérdidas tienen que ser estimadas.

Además, el método de entrada y salida permite determinar la eficiencia promedio de operación en un intervalo de tiempo más largo, que incluye pérdidas debido a una operación stand by o arranque y purgas discontinuas.

Las mediciones realizadas con el método de balance de energía sólo muestran la eficiencia durante una operación en régimen estacionario.

#### **10.2.1. Cálculo de la eficiencia total de caldera: por el método directo.**

$$\varepsilon = \frac{Q_{vapor}}{Q_{combustible}}$$

#### **Ecuación 1**

Donde:

$\varepsilon$  = Eficiencia energética de la caldera

$Q_{vapor}$  = Producción de vapor durante la medición (MWh)

$Q_{combustible}$  = Suministro de combustible durante la medición (MWh)

Para el método de entrada y salida, los requerimientos de mediciones primarias, en el caso de calderas a gas o petróleo, son:

1. El caudal del combustible, el agua de alimentación y todos los caudales secundarios, tales como la purga de la caldera.
2. Presión y temperatura del agua de alimentación y la salida de vapor, y
3. El poder calorífico inferior y/o superior del combustible.

El método de balance de energía determina la eficiencia energética de manera indirecta a través de la medición de las diversas pérdidas de energía. La eficiencia energética se calcula restando las diversas pérdidas del 100%:

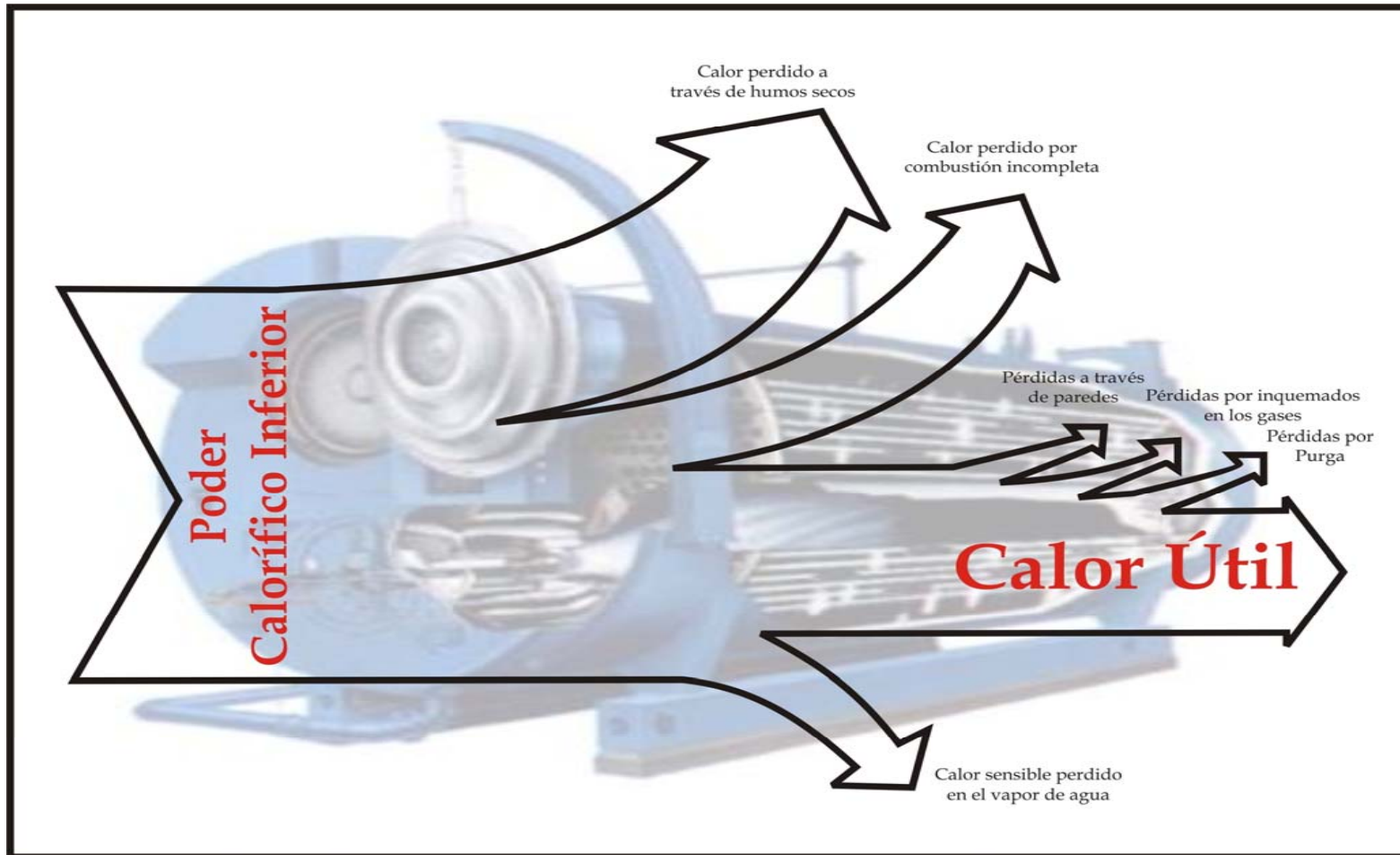
**10.2.2. Cálculo de la eficiencia total de caldera:** por el método indirecto. Para el cálculo de la eficiencia de caldera se tomo como fuente el Código ASME PTC 4.1 y los libros de: Termodinámica Aplicada y Transferencia de calor de: Maradey, Juan francisco y Mills, Anthony F. Respectivamente.

La eficiencia total de caldera ( $\eta_{TC}$ ) se determina por: (plantilla 1)

$$\eta_{TC} = 1 - \frac{\sum \text{pérdidas}}{q^{\circ}_i}$$

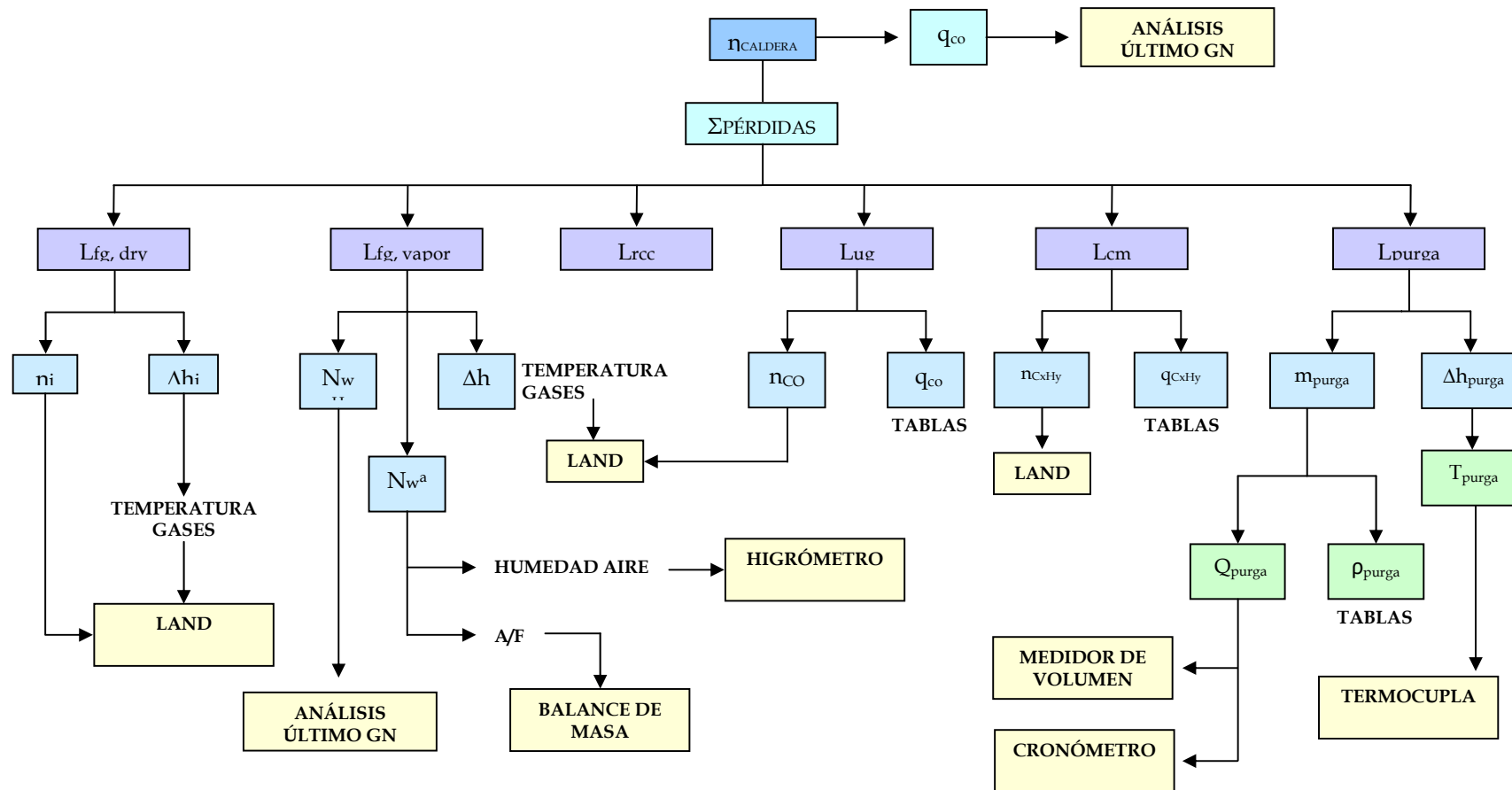
**Ecuación 2**

Figura 5. Diagrama de Sankey



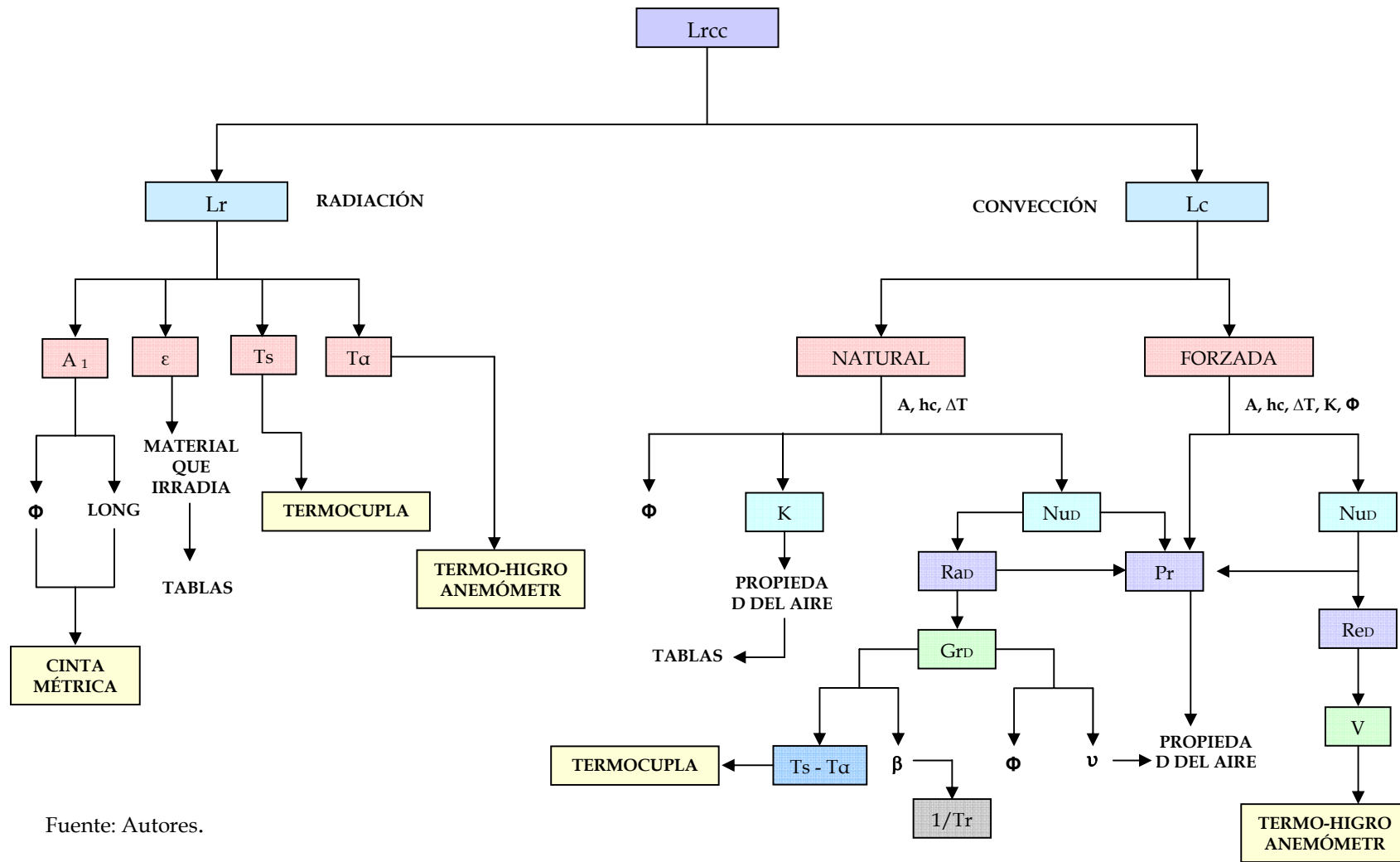
Fuente: Autores.

Figura 6. Flujograma para el cálculo de eficiencia por el método indirecto.



Fuente: Autores.

Figura 7. Flujograma para el cálculo de pérdidas por radiación y convección.



Donde:

$$\sum \text{pérdidas} = L_{fg, dry} + L_{fg, vapor} + L_{rcc} + L_{ug} + L_{cm} + L_{purga}$$

### Ecuación 3

$q_i$  = Poder calorífico inferior del combustible.

La Figura 8 muestra la plantilla de cálculo en Excel para calcular las pérdidas de calor en calderas.

**Figura 8.** Plantilla de cálculo de pérdidas en calderas.

Concepto	Símbolo	Valor	Unidades	Ecuación
Calor perdido por humos secos	$L_{fg, dry}$	7727,62	KJ	$\sum n_i \Delta h_i$
Calor perdido en el vapor de agua	$L_{fg, vapor}$	0	KJ	$(n_w H + n_{w3}) \Delta h_w$
Calor perdido por combustión incompleta	$L_{ug}$	2830	KJ	$n_{co} q_{co}$
Calor perdido por combustible en humos	$L_{cm}$	21,6	KJ	$n_{C_{hty}} q_{C_{hty}}$
Calor perdido por purga	$L_{purga}$	0	KJ	$n_{purga} \Delta h_{purga}$

Fuente: Autores.

Donde:

$L_{fg, dry}$  = CALOR PERDIDO A TRAVÉS DE HUMOS SECOS

$$L_{fg, dry} = \sum n_i * \Delta h_i$$

**Ecuación 4**

Donde:

$n_i$  = Número de moles de cada componente producto de la combustión.

$\Delta h_i$  = Variación de entalpía de los humos a la temperatura de chimenea.

$L_{fg, vapor}$  = CALOR SENSIBLE PERDIDO EN EL VAPOR DE AGUA

$$L_{fg, vapor} = n_w^H * \Delta h_w + n_w^f * \Delta h_w + n_w^a * \Delta h_w$$

**Ecuación 5**

$\Delta h_w$  = Variación de la entalpía del agua a la temperatura de los gases de chimenea.

$n_w^H$  = Número de moles de agua formado por la oxidación de hidrogeno.

$n_w^f$  = Número de moles de agua en el combustible (el gas natural no presenta agua en su composición).

$n_w^a$  = Número de moles de agua en el aire de combustión

La cantidad de vapor de agua presente en el aire depende de la humedad relativa, presión de saturación del agua, temperatura y presión del aire. Para el cálculo de la cantidad de agua presente en el aire de combustión se utiliza la plantilla de Excel mostrada en la Figura 9.

$L_{ug}$  = CALOR PERDIDO POR COMBUSTIÓN INCOMPLETA

$$L_{ug} = n_{CO} * q^{\circ}_{CO}$$

**Ecuación 6**

Donde:

$n_{CO}$  = Número de moles de CO.

$q^{\circ}_{CO}$  = Poder calorífico del CO.

Figura 9. Plantilla de cálculo de la humedad del aire.

PARAMETRO	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES	ECUACIÓN
Presión de vapor	$P_v$	1200	Pa	$P_v = \phi * P^*$
Humedad específica	$\omega$	0,0074547	Adimensional	$\omega = 0,622 * P_v / (P - P_v)$
Moles de oxígeno teórico	$\epsilon$	9,5	mol	$\epsilon = X + Y/4 - Z/2$
Moles de oxígeno seco	$n_a$	10,45	mol	$n_a = \alpha * \epsilon$
Masa de aire seco	$m_a$	302,7385	g	$m_a = M_a * n_a$
Masa de vapor en el aire	$m_v$	2,2568042	g	$m_v = \omega * m_a$
Moles de vapor en el aire	$n_v$	0,125378	mol	$n_v = m_v / M_v$

Fuente: Autores.

$L_{cm}$  = CALOR PERDIDO DEBIDO A MATERIA COMBUSTIBLE PRESENTE EN LOS GASES DE COMBUSTIÓN

$$L_{cm} = n_{CxHy} * q^{\circ}_{CxHy}$$

Ecuación 7

Donde:

$n_{CxHy}$  = Número de moles de gases sin quemar en la chimenea

$q^{\circ}_{C_xH_y}$  = Poder calorífico de este compuesto.

Para los calores perdidos de chimenea; determinados de la forma mostrada anteriormente, se necesita conocer la cantidad de gases de chimenea (moles de cada compuesto que conforman estos gases), para el cálculo del número de moles de los gases de chimenea se necesita determinar el flujo de gas natural que consume el equipo esto se hace utilizando la siguiente ecuación:

$$Q = V / t$$

**Ecuación 8**

Donde:

$Q$  = Flujo de gas natural

$t$  = Tiempo empleado por cierta cantidad de gas natural.

$V$  = Volumen real de gas natural ( $V_{\text{corregido}}$ )

Debido a que el medidor que se utiliza para medir el volumen de gas natural no entrega un valor de gas real, este valor medido hay que corregirlo, para esta corrección se utiliza el factor de compresibilidad de los gases.

$$V_{\text{corregido}} = Z * V_{\text{medido}}$$

### Ecuación 9

Donde:

$Z$  = Factor de compresibilidad<sup>18</sup>

$$Z = 1 - Pb * (\sum x_i * b_i)^2$$

### Ecuación 10

Donde:

$Pb$  = Presión base ó presión del gas natural.

$x_i$  = Fracción molar de cada componente del gas natural.

$b_i$  = Summation factor (tablas de la GPA).

Para el cálculo del volumen real de gas natural y el factor de compresibilidad se utilizan las plantillas de Excel mostradas en las Figura 10 y Figura 11.

---

<sup>18</sup> Determinado según: GPA "CALCULATION OF GROSS HEATING VALUE, RELATIVE DENSITY AND COMPRESSIBILITY FACTOR FOR NATURAL GAS MIXTURES FROM COMPOSITIONAL ANALYSIS". Pagina 3.

Figura 10. Plantilla de cálculo del volumen real de gas natural.

ANÁLISIS ULTIMO DEL COMBUSTIBLE	SÍMBOLO	COMPOSICIÓN p <sub>i</sub> (% m <sup>3</sup> )	COMPOSICIÓN y <sub>i</sub> (% másico)	COMPOSICIÓN x <sub>i</sub> (% molar)	P CRÍTICA	T CRÍTICA	Masa molar gmol
Metano	CH <sub>4</sub>	1	1	89,74201			16
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1	1	8,024			30
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1	1	0,264			44
Dioxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1	1	1,712			58
Nitrogeno	N <sub>2</sub>	1	1	0,182			72
<b>TOTAL (Σ)</b>		5	5	99,92401			

DATOS MEDIDOS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Tiempo de gas natural	t	0	min
Volumen de gas natural	V <sub>m</sub>	0	m <sup>3</sup>
Presión de Gas natural	P <sub>a</sub>	0	psi
Temperatura de gas natural	T <sub>a</sub>	0	°C
masa de gas natural	m <sub>a</sub>	0	g
Factor de compresibilidad	Z	1	adimensional

Fuente: Autores

Figura 11. Plantilla de cálculo del factor de compresibilidad.

FORMULA	SUMMATION FACTOR, b <sub>i</sub> (psi <sup>-1</sup> )	COMPOSICIÓN x <sub>i</sub> (% molar)
CH <sub>4</sub>	0,0116	89,74201
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,0239	8,024
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,0344	0,264
CO <sub>2</sub>	0,0197	1,712
N <sub>2</sub>	0,0044	0,182

Símbolo	valor	unidades
P <sub>b</sub>	0	psi

FACTOR DE COMPRESIBILIDAD (Z)	
Ecuación	$Z = 1 - P_b * (\sum x_i b_i) / Z$
Valor	1
Unidades	adimensional

Fuente. Autores.

$L_{purga}$  = PÉRDIDA DE CALOR DEBIDO A PURGAS DE CALDERA

$$L_{purga} = n_{purga} * \Delta h_{purga}$$

**Ecuación 11**

Donde:

$n_{purga}$  = Número de moles de agua en la purga

$\Delta h_{purga}$  = Variación de la entalpía del agua en la purga

$L_{rcc}$  = PÉRDIDA DE CALOR POR RADIACIÓN Y CONVECCIÓN

Estas pérdidas se calculan sumando el calor perdido al ambiente por radiación y convección.

$$L_{rcc} = Q_r + Q_c$$

**Ecuación 12**

Donde:

$Q_r$  = Calor por radiación

$$Q_r = \sigma * A * \varepsilon * (T_s^4 - T_\infty^4)$$

**Ecuación 13**

$Q_c$  = Calor por convección

$$Q_c = h_c * A * (T_s - T_\infty)$$

**Ecuación 14**

$T_s$  = Temperatura de superficie de la caldera

$T_\infty$  = Temperatura del ambiente

$\sigma$  = Constante de Stefan Boltzmann =  $5.67 * 10^{-8}$  [W/(m<sup>2</sup> \* K<sup>4</sup>)]

$\varepsilon$  = Emisividad del material de la caldera

$A$  = Área de superficie de la caldera

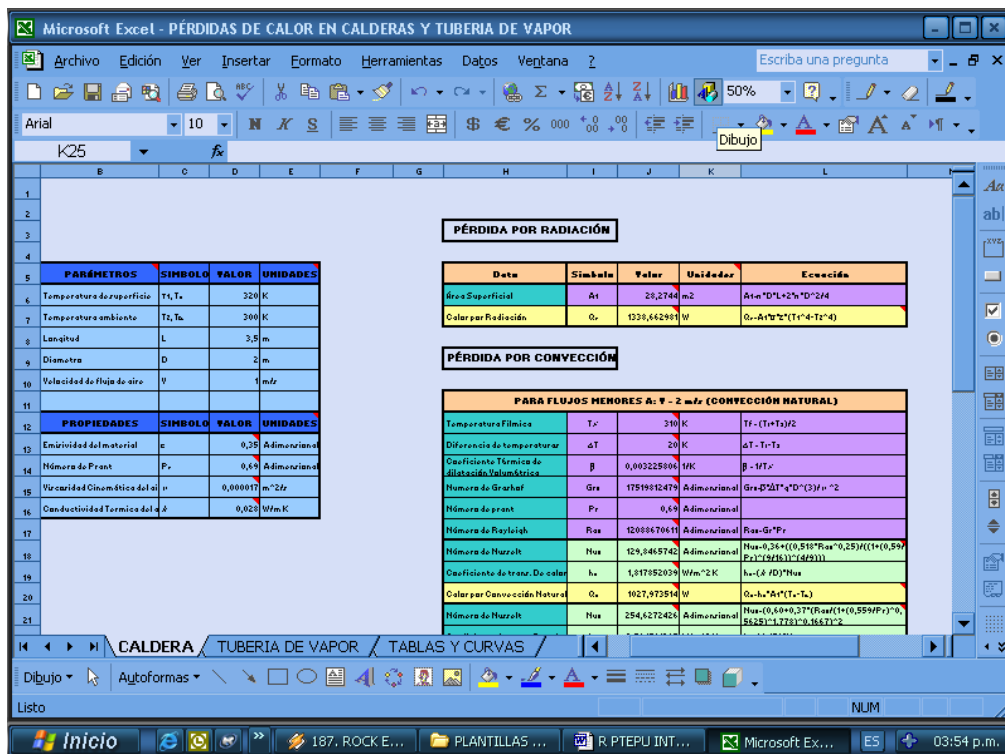
$h_c$  = Coeficiente de convección<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> Depende si la convección es natural o forzada – Mills, Anthony F. paginas 298 - 303

Para el cálculo de los calores perdidos por radiación y convección se utiliza la plantilla mostrada en la Figura 12.

**Figura 12.** Plantilla para el cálculo de los calores perdidos por radiación y convección.



Fuente: Autores.

### 10.3. CÁLCULO DE EFICIENCIA DEL PROCESO

Para la eficiencia del proceso se tiene en cuenta tanto la eficiencia de caldera como las pérdidas por tramo de tubería, para determinar la eficiencia del proceso se utiliza la plantilla mostrada en la Figura 8.

La ecuación para calcular esta eficiencia del proceso ( $\eta_p$ ) es:

$$\eta_p = \eta_{TC} - L_{TP}$$

**Ecuación 15**

Donde:

$\eta_{TC}$  = Eficiencia de caldera

$L_{TP}$  = Pérdida por tramo de tubería de vapor

Para el cálculo de las pérdidas por tramo de tubería se determina el calor perdido por radiación y convección a lo largo de las tuberías de vapor, en la plantilla mostrada en la Figura 13, se calcula este calor perdido.

**Figura 13.** Plantilla de cálculo de las pérdidas por tramo de tubería.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data tables:

Dato	Simbolo	Valor	Unidades	Ecuación
Área Superficial	A <sub>1</sub>	62,894832	m <sup>2</sup>	A <sub>1</sub> =π·D·L·2·π·D·2M
Calor por Radiación	Q <sub>r</sub>	4892,050221	W	Q <sub>r</sub> =A <sub>1</sub> ·σ·ε·(T <sub>1</sub> <sup>4</sup> -T <sub>2</sub> <sup>4</sup> )

PARA FLUJOS MENORES A: v = 2 m/s (CONVECCIÓN NATURAL)				
Temperatura Filmica	T <sub>f</sub>	316	K	T <sub>f</sub> = (T <sub>1</sub> +T <sub>2</sub> )/2
Diferencia de temperaturas	ΔT	30	K	ΔT = T <sub>1</sub> -T <sub>2</sub>
Coefficiente Térmico de dilatación Volumétrica	β	0,003174603	1/K	β = 1/T <sub>f</sub>

Fuente: Autores.

Para el método de balance de energía, los requerimientos de mediciones primarias, en el caso de calderas a gas son:

- El análisis químico del gas de combustión (Análisis último).
- Temperaturas del aire y del gas de combustión
- El poder calorífico inferior y/o superior del combustible.

## OBSERVACIONES

- Buscando cuantificar los beneficios que se entregarían al sector industrial del área metropolitana de Bucaramanga con el desarrollo del portafolio de servicios, se optó por realizar una prueba piloto; la cual se realizaría en una de las empresas encuestadas.

La prueba consistía en identificar las causas que ocasionaban los problemas energéticos en dicha empresa; de las cuales ya se habían reconocido las principales gracias al estudio realizado por los autores, pero que se ratificarían con una visita previa a la planta. Para luego, en una jornada de seis horas; efectuar unas primeras mediciones que determinarían el estado actual del equipo, en seguida, ejecutar las correcciones necesarias y posibles para mejorar su desempeño, y por último realizar un segundo ciclo de mediciones para corroborar la mejora en su rendimiento.

Desafortunadamente, la jornada de mediciones dependía del aseguramiento metrológico del proceso; necesario para el éxito del proyecto, pero el cual no se logro realizar por falta de disposición de la empresa, ya que era obligatorio detener la producción para cumplir con este objetivo.

## CONCLUSIONES

- Es de gran importancia saber que la educación y los conocimientos adquiridos en la universidad y en especial en la escuela de ingeniería mecánica fueron las principales bases requeridas para diseñar, elaborar y desarrollar los pasos a seguir desde la encuesta, pasando por los contactos establecidos en las diferentes empresas, hasta el portafolio de servicios ofrecido por el CDT de GAS, demostrando que como ingenieros mecánicos poseemos una gran capacidad de gestión y análisis para el desarrollo y solución de problemas.
- El trabajo realizado a través de las visitas y entrevistas para cada una de las empresas seleccionadas, fue de vital importancia para reafirmar los conocimientos teóricos estudiados en el transcurso del programa de ingeniería mecánica, con las condiciones reales encontrados en la industria, en especial en el campo de la ingeniería mecánica térmica, pues es allí donde se centran las principales dificultades energéticas del sector industrial del AMDB.
- A través de la encuesta, la visita y la correspondiente entrevista a cada una de las empresas seleccionadas, fue posible identificar las dificultades energéticas que afectan directamente los procesos de producción en el sector del AMDB, además de la clasificación y fallas enfocadas al mantenimiento y nivel tecnológico presentes en éstas.

- Es de vital importancia establecer que el gas natural es el combustible más limpio y con el menor porcentaje de emisiones producto de la combustión, tales como: SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> y material particulado; utilizado en el AMDB, además de ser un combustible para el que no se necesitan ningún tipo de control, para su difusión con el aire en el proceso de combustión, menos en el control de material particulados.
- A medida que se avanzó en el desarrollo del proyecto se verificó que a nivel regional son pocas las empresas que piensan en la preparación de programas para evitar el reforzamiento del efecto de invernadero (EI), consecuencia del lento proceso de establecer normas y políticas que obliguen a las empresas a crear mecanismos para combatir el impacto ambiental originado por las emisiones de gases nocivos para el medio ambiente, encontrándose la tendencia de la utilización de GN para combatir este problema mundial.
- Además del ánimo mostrado por parte de las empresas encuestadas y entrevistadas de adquirir los servicios URE a ofrecer por el CDT de GAS, se destacó el interés por adquirir al mismo tiempo los servicios de mantenimiento para sus equipos, los cuales serán ofrecidos a través de outsourcing contactado por el CDT de GAS.
- Además de la necesidad que requiere el sector industrial del AMDB de conocer cual es su consumo energético y cual es la cantidad de energía desperdiciada, se suma la importancia de que Bucaramanga tenga una empresa que ofrezca un servicio de calidad en el campo de auditorías energéticas, basados en mediciones y cálculos como el que se presentó, ya que las pocas empresas que cuentan con los servicios a ofrecer por el CDT de

GAS, lamentablemente son ejecutadas por empresas de otras ciudades (Medellín, Bogota y Barranquilla principalmente).

## RECOMENDACIONES

- Las empresas del sector industrial del Área Metropolitana de Bucaramanga deben realizar auditorías energéticas para garantizar que sus consumos de combustible son los óptimos para el trabajo de los equipos.
- Se deben realizar convenios universidad-industria, en especial ingeniería mecánica-industria, donde se capacite al personal directivo de las empresas, en temas como: URE, eficiencia, gestión y nivel de mantenimiento, impacto ambiental, metrología, ya que se observó que el principal interés del sector industrial del AMDB es cumplir con unos objetivos de producción, sin tener en cuenta el óptimo consumo de combustible para dicho proceso. Además, este acercamiento con la industria permite al estudiante integrarse más a la realidad y reforzar las bases de los conocimientos teóricos adquiridos.
- El presente proyecto tendrá un valor mucho mayor, si se continúa el proceso de investigación en programas de uso racional y eficiente de energía, el cual se puede seguir trabajando por medio de proyectos de grado similares. No solo se ganará en adquisición de conocimiento, sino se seguirá fortaleciendo el vínculo entre universidad e industrias. Además, la ganancia profesional y personal que se adquiere al involucrarse con otras ramas ingenieriles es muy valiosa por el desarrollo de las habilidades de trabajar en grupo e integración.
- Se recomienda incluir en las materias del programa de ingeniería mecánica, aspectos como metodología de la investigación y gestión empresarial, que

permitan al estudiante tener bases para el adecuado desarrollo de programas de investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- **AMÍN BAENA, Camilo Andrés.** Incentivos regulatorios para introducir las fuentes no convencionales de energía en el mercado colombiano, Universidad Externado de Colombia, Bogota D.C., Colombia.
- **BASE DE DATOS PROQUEST,** referencia de formato electrónico, biblioteca Universidad Industrial de Santander.
- **BERNAL T. Cesar Augusto.** Metodología de la Investigación. Bogotá, Prentice Hall, 2.000.
- **CARDONA, Julio José, PARIS, Luís Santiago,** Calderas más eficientes y potentes. Universidad EAFIT. Disponible por Internet en:  
<[URL:http://www.colciencias.gov.co/agenda/pdfs/pn\\_129.pdf](http://www.colciencias.gov.co/agenda/pdfs/pn_129.pdf)>
- **CASTRO MORA, Javier.** Operación y Mantenimiento de Calderas, Unidad de publicaciones, Facultad de ingenierías, Universidad Nacional de Colombia, Bogota D.C., Colombia, octubre 2002.
- **CARREÑO, Jaime; SOLER MATEUS, Ilda.** Estudio de factibilidad para el montaje de una empresa de mantenimiento para calderas en Bucaramanga y su área metropolitana, 1999.
- **CENGEL, Yunus A; BOLES, Michael A.** Termodinámica tomo I, Segunda edición, Editorial Mc Graw Hill, México, Diciembre 1999.

- Cobertura del servicio de gas natural en el país - Marzo 31 de 2005. Disponible por Internet en:  
[<URL:http://www.minminas.gov.co/minminas/pagesweb.nsf/2a84e89f4d73f130052567be0052c75a/6821c823f0cba52505256def0070bd1d/\\$FILE/General-Cobertura%20Gas%20Natural-Sept05.pdf>](http://www.minminas.gov.co/minminas/pagesweb.nsf/2a84e89f4d73f130052567be0052c75a/6821c823f0cba52505256def0070bd1d/$FILE/General-Cobertura%20Gas%20Natural-Sept05.pdf)
- **CIUREE 2004.** Memorias primer congreso internacional sobre uso racional y eficiente de la energía. Calí, Valle del Cauca, Colombia, 2004.
- **COCHRAN, William G.** Técnicas de muestreo, Compañía Editorial Continental S.A., Tlalplan, México D.F., Septiembre 1971.
- **CÓDIGO ASME PTC 4. Fired Steam Generators,** revision of ASME PTC 4.1 - 1964 (R 1991), USA, 1998.
- **CONPES 3344** - Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire. Marzo de 2005. Disponible por Internet en:  
[<URL:http://www.minminas.gov.co/minminas/pagesweb.nsf/pages/politicagas>](http://www.minminas.gov.co/minminas/pagesweb.nsf/pages/politicagas)  
[<URL:http://www.dnp.gov.co/paginas\\_detalle.aspx?idp=21>](http://www.dnp.gov.co/paginas_detalle.aspx?idp=21)
- **CONVENIO UIS-IDEAM,** Sistema de Información para la Evaluación Ambiental de Sectores Productivos, Bucaramanga, Colombia, Mayo 1999.
- **GAS PROCESSORS ASSOCIATION (GPA),** Calculation of gross heating value, relative density and compressibility factor for natural gas

mixtures from compositional analysis. Reaffirmed 2002. Disponible en CDT de GAS, Piedecuesta-Santander, Colombia.

- **GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT (GTZ), ALEMANIA - MINISTERIO DE INDUSTRIA (MITINCI), PERÚ.** Mejora de la Eficiencia Energética en calderas industriales en el Perú. Disponible por Internet en:

[<URL:http://www.fonamperu.org/General/mdl/biblioteca%20virtual.asp>](http://www.fonamperu.org/General/mdl/biblioteca%20virtual.asp)

- **GONZALEZ GONZÁLEZ, Ramón,** Diagnóstico de la ingeniería en Bucaramanga, Ediciones Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 1994.

- **HARRY LEHMANN, Martin Kruska, VALDIVIA, Sonia.** Metodología de programas URE. Disponible por Internet en:

[<URL:http://www.minem.gob.pe/electricidad/lcdg/SUM\\_URE.HTM>](http://www.minem.gob.pe/electricidad/lcdg/SUM_URE.HTM)

- **INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM.** Emisiones al ambiente en Colombia. Disponible por Internet en:

[<URL:http://www.ideam.gov.co/publica/medioamb/cap13.pdf>](http://www.ideam.gov.co/publica/medioamb/cap13.pdf)

- **JANAF THERMOCHEMICAL DATA,** The Dow Chemical Company, Thermal laboratory, Midland, Michigan, USA.

- **LEBRET, L. J.** Manual de Encuesta Social, Ediciones RIALP S.A., Madrid, 1961.

- **LEÓN LEFCOVICH , Mauricio**, Conservación y ahorro de energía, 17 de abril de 2005. Disponible por Internet en:  
[<URL:http://www.monografias.com/trabajos22/kaizen-ahorro-energia/kaizen-ahorro-energia.shtml>](http://www.monografias.com/trabajos22/kaizen-ahorro-energia/kaizen-ahorro-energia.shtml)
  
- **MARADEY CHARRIS, Juan Francisco**. Termodinámica Aplicada, primera edición 2002, Ediciones Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
  
- **MILLS, ANTHONY F.** Transferencia de calor, University of California, Los Angeles, publicación IRWIN, España 1994.
  
- **MINISTERIO DE INDUSTRIA BÁSICA (MINBAS)**. Política ambiental del ministerio de industria básica. Disponible en Internet en:  
[<URL:http://www.medioambiente.co/download/MINBAS.doc>](http://www.medioambiente.co/download/MINBAS.doc)
  
- **MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE - DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN**. Lineamientos de política de Cambio climático. Bogota D.C. Colombia. Junio de 2002. Disponible por Internet en:  
[<URL:http://www.ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/Comunicacion\\_cam\\_bio\\_climatico.pdf>](http://www.ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/Comunicacion_cam_bio_climatico.pdf)
  
- **MINISTERIO DE SALUD**. Colombia, enero de 1982. Normas de emisión atmosférica. Disponible por Internet en:  
[<URL:http://www.acercar.org.co/industria/legislacion/atmosferico/aire/d02\\_1982.pdf>](http://www.acercar.org.co/industria/legislacion/atmosferico/aire/d02_1982.pdf)

- **MINMINAS.** Memorias congreso 2003 - 2004 - sección D - Sector gas. Disponible por Internet en:

[URL:http://www.minminas.gov.co/minminas/pagesweb.nsf/2a84e89f4d73f130052567be0052c75a/c8f3c54758e9bd4105257069004a90b9/\\$FILE/SECTOR%20GAS.pdf](http://www.minminas.gov.co/minminas/pagesweb.nsf/2a84e89f4d73f130052567be0052c75a/c8f3c54758e9bd4105257069004a90b9/$FILE/SECTOR%20GAS.pdf)>

- **MINMINAS - UPME,** Formulación, presentación y evaluación de proyectos. Marzo de 2000. Disponible por Internet en:

[URL:http://www.upme.gov.co/simco/documentos/formulacion\\_de\\_proyectos.pdf](http://www.upme.gov.co/simco/documentos/formulacion_de_proyectos.pdf)>

- **MIRANDA MIRANDA, Juan Jose.** Gestión de proyectos, quinta edición, Editorial Guadalupe Ltda., Bogota D.C., Colombia, 2005.

- **MUCCHIELLI, Roger.** Cuestionario de la encuesta psico-social, Iberico Europa de Ediciones S.A., 1974.

- Natural gas - World energy council - consejo mundial de energía. Disponible por Internet en:

[URL:http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/gas/gas.asp](http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/gas/gas.asp)>

- **PLAN ENERGETICO NACIONAL (PEN) 1997-2003, 2003-2020.**

- Programa Colombiano de Normalización, Acreditación, Certificación y Etiquetado de Equipos de Uso Final de Energía (PROGRAMA CONOCE). Disponible por internet en:

- **POSADA, Enrique.** Guía de buenas practicas en uso racional de la energía. Diciembre de 2002. Disponible por Internet en:

[URL:http://www.cnpml.org/html/archivos/Boletines/Boletines-ID16.pdf](http://www.cnpml.org/html/archivos/Boletines/Boletines-ID16.pdf)

[URL:http://www.energy-strategies.org/focus2standards2.php?id=7](http://www.energy-strategies.org/focus2standards2.php?id=7)

- **UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO-ENERGETICA (UPME).** Disponible en Internet: <http://www.upme.gov.co>.

## ANEXOS

**ANEXO A**  
**LEYES COLOMBIANAS SOBRE URE Y MEDIO AMBIENTE**

## LEY 697 DE 2001

Diario Oficial No. 44.573, de 05 de octubre de 2001

Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.

El Congreso de Colombia,

DECRETA:

**ARTÍCULO 1o.** Declárase el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.

**ARTÍCULO 2o.** El Estado debe establecer las normas e infraestructura necesarias para el cabal cumplimiento de la presente ley, creando la estructura legal, técnica, económica y financiera necesaria para lograr el desarrollo de proyectos concretos, URE, a corto, mediano y largo plazo, económica y ambientalmente viables asegurando el desarrollo sostenible, al tiempo que generen la conciencia URE y el conocimiento y utilización de formas alternativas de energía.

**ARTÍCULO 4o. ENTIDAD RESPONSABLE.** El Ministerio de Minas y Energía, será la entidad responsable de promover, organizar, asegurar el desarrollo y el seguimiento de los programas de uso racional y eficiente de la energía de acuerdo a lo dispuesto en la presente ley.

**ARTÍCULO 5o. CREACIÓN DE PROURE.** Créase el Programa de Uso Racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales "PROURE", que diseñará el Ministerio de Minas y Energía, cuyo objeto es aplicar gradualmente programas para que toda la cadena energética, esté cumpliendo permanentemente con los niveles mínimos de eficiencia energética y sin perjuicio de lo dispuesto en la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.

**ARTÍCULO 6o. OBLIGACIONES ESPECIALES DE LAS EMPRESAS DE SERVICIOS PÚBLICOS.** Además de las obligaciones que se desprendan de programas particulares que se diseñen, las Empresas de Servicios Públicos que generen, suministren y comercialicen energía eléctrica y gas y realicen programas URE, tendrán la obligación especial dentro del contexto de esta ley, de realizar programas URE para los usuarios considerando el aspecto técnico y financiero del mismo y asesorar a sus usuarios para la implementación de los programas URE que deban realizar en cumplimiento de la presente ley.

#### **ARTÍCULO 7o. ESTÍMULOS Y SANCIONES.**

1. Para la investigación: El Gobierno Nacional propenderá por la creación de programas de investigación en el Uso Racional y Eficiente de la Energía a través de Colciencias, según lo establecido en la Ley 29 de 1990 y el Decreto 393 de 1991.

4. Generales: El Gobierno Nacional establecerá los incentivos e impondrá las sanciones, de acuerdo con el programa de uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales, de acuerdo a las normas legales vigentes.

**ARTÍCULO 8o. DIVULGACIÓN.** El Ministerio de Minas y Energía en coordinación con las entidades públicas y privadas pertinentes diseñará estrategias para la educación y fomento del Uso Racional y Eficiente de la Energía dentro de la ciudadanía, con base en campañas de información utilizando medios masivos de comunicación y otros canales idóneos. Las empresas de servicios públicos que presten servicios de Energía eléctrica y gas deberán imprimir en la carátula de recibo de factura o cobro, mensajes motivando, el Uso racional y Eficiente de la Energía y sus beneficios con la preservación del medio ambiente.

**ARTÍCULO 10.** El Gobierno Nacional a través de los programas que se diseñen, incentivará y promoverá a las empresas que importen o produzcan piezas, calentadores, paneles solares, generadores de biogás, motores eólicos, y/o cualquier otra tecnología o producto que use como fuente total o parcial las energías no convencionales, ya sea con destino a la venta directa al público o a la producción de otros implementos, orientados en forma específica a proyectos en el campo URE, de acuerdo a las normas legales vigentes.

### **DECRETO 3683 DE 2003**

Por el cual se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una Comisión Intersectorial

El Presidente de la República de Colombia, en ejercicio de sus facultades constitucionales y legales, en especial las establecidas en el artículo 189, numeral 11 de la Constitución Política y en el artículo 45 de la Ley 489 de 1998 y, en desarrollo de la Ley 697 de 2001, y

#### **CONSIDERANDO:**

Que la Ley 697 de 2001 declaró asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, el uso racional y eficiente de la energía así como el uso de fuentes energéticas no convencionales; declaración que impone la necesidad de expedir la reglamentación necesaria para garantizar que el país cuente con una normatividad que permita el uso racional y eficiente de los recursos energéticos existentes en el territorio nacional;

Que el objetivo de la Ley 697 de 2001 es promover y asesorar los proyectos URE y el uso de energías no convencionales, de acuerdo con los lineamientos del programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de energía no convencionales, PROURE, estudiando su viabilidad económica, financiera, tecnológica y ambiental;

Que así mismo la Ley 697 ordenó que el Gobierno Nacional estableciera los estímulos que permitan desarrollar en el país el uso racional y eficiente de la energía y las fuentes energéticas no convencionales;

Que Colombia mediante la Ley 164 de 1994 ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, la cual tiene por objeto estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera;

Que dentro de los mecanismos que prevé la Convención se encuentran herramientas para los países que buscan promover y apoyar la cooperación para el desarrollo, la aplicación y la difusión, incluida la transferencia, de tecnologías, prácticas y procesos que controlen, reduzcan o prevengan las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero en los sectores pertinentes, entre ellos la energía, el transporte, la industria, la agricultura, la silvicultura y la gestión de desechos;

Que los proyectos a los que hace mención directa e indirectamente el presente decreto pueden ser elegibles a los mercados de reducciones de emisiones verificadas de gases de efecto invernadero;

Que en el Plan de Implementación de la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible realizada en Johannesburgo en el 2002, en la cual Colombia participó, se establece que el acceso a la energía facilita la erradicación de la pobreza y que para esto se deben incluir medidas relacionadas con el Uso Eficiente de Energía, fuentes renovables de energía, diversificación de fuentes energéticas, investigación y desarrollo en tecnologías de uso eficiente de energía y políticas que reduzcan distorsiones en el mercado energético, entre otras,

## **DECRETA:**

### **TITULO PRELIMINAR**

**Artículo 1°. Objetivo.** El objetivo del presente decreto es reglamentar el uso racional y eficiente de la energía, de tal manera que se tenga la mayor eficiencia energética para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad del mercado energético colombiano, la protección al consumidor y la promoción de fuentes no convencionales de energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.

**Artículo 3°. Campo de aplicación.** El presente decreto se aplica a toda la cadena de energéticos convencionales y no convencionales del territorio nacional.

## **TITULO I**

### **ESTRUCTURA INSTITUCIONAL**

#### **CAPITULO I**

Gestión Ministerio de Minas y Energía

**Artículo 4°.** El Ministerio de Minas y Energía, formulará los lineamientos de las políticas y diseñará los instrumentos para el fomento y la promoción de las fuentes no convencionales de energía, con prelación en las zonas no

interconectadas; así como la ejecución de proyectos en Eficiencia Energética en Colombia; para lo cual realizará las gestiones necesarias para definir estrategias comunes con otras entidades de la Rama Ejecutiva que desarrollen funciones relacionadas con el tema de Uso Racional de Energía, con el objetivo de organizar y fortalecer el esquema institucional más adecuado para el cumplimiento de dicha gestión.

## CAPITULO II

### Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales de Energía, CIURE

**Artículo 5°. Comisión Intersectorial.** Créase la Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales de Energía, CIURE, con el fin de asesorar y apoyar al Ministerio de Minas y Energía en la coordinación de políticas sobre uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales en el sistema interconectado nacional y en las zonas no interconectadas.

**Artículo 7°. Secretaría Técnica.** La Comisión Intersectorial contará con una Secretaría Técnica que será ejercida por la Unidad de Planeación Minero Energética, UPME, y tendrá a su cargo la coordinación de las sesiones y los grupos de trabajo, la preparación de documentos y la elaboración de las actas respectivas.

**Artículo 8°. Mecanismos de participación.** La Comisión podrá citar a las sesiones en calidad de invitados, a los representantes de los gremios, empresas, ONG, centros tecnológicos, universidades o consumidores que tengan relación directa o indirecta con la temática del uso racional y eficiente de la energía y fuentes no convencionales de energía.

**Artículo 9°. Objeto.** La Comisión Intersectorial se constituye como una instancia de asesoría, consulta y apoyo del Ministerio de Minas y Energía, en el desarrollo de las siguientes funciones:

a) Coordinar las políticas del Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes no Convencionales de Energía que diseñen cada una de las entidades, en el ámbito de su competencia;

- b) Impartir orientación superior a las entidades de la rama ejecutiva del poder público, que desarrollen funciones relacionadas con el Uso Racional y Eficiente de Energía y las Fuentes No Convencionales de Energía;
- c) Impulsar los programas y proyectos sobre Uso Racional y Eficiente de Energía, Cogeneración y Fuentes No Convencionales de Energía;
- d) Impartir lineamientos específicos para el diseño, implementación y seguimiento del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE;
- e) Efectuar el seguimiento de las metas, y variables energéticas y económicas que permitan medir el avance en la implementación del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE;
- f) Coordinar la consecución de recursos nacionales o internacionales para desarrollar los programas y proyectos sobre Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales de Energía, así como definir las estrategias que permitan la identificación de nuevas fuentes y/o la consolidación de las existentes;
- g) Estudiar, recomendar, hacer seguimiento y coordinar con las entidades competentes el otorgamiento de estímulos relacionados con el Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales de Energía;
- h) Apoyar el desarrollo de programas de eficiencia energética para el transporte de pasajeros en los centros urbanos y para el transporte de carga;
- i) Seleccionar a las personas naturales o jurídicas que deban ser galardonadas con la Orden al Mérito URE;
- j) La Comisión Intersectorial, además asesorará al Gobierno para la toma de decisiones estratégicas en el contexto de los objetivos de la ley y en condiciones de crisis del sector energético.

Parágrafo. La Comisión de que trata el presente artículo, deberá adoptar su propio reglamento de funcionamiento, en un término de dos (2) meses contados a partir de la publicación del presente decreto en el Diario Oficial.

**Artículo 10. Funcionamiento.** La Comisión Intersectorial se reunirá ordinariamente una (1) vez cada trimestre.

La Comisión podrá deliberar cuando se encuentren presentes por lo menos tres de sus miembros y decidirá con el voto favorable de la mitad más uno de los votos presentes.

### **CAPITULO III**

#### **Mecanismo institucional de promoción**

**Artículo 12. Alcance de la promoción.** El alcance de la promoción del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se orientará al desarrollo de las siguientes actividades:

- a) Celebrar convenios administrativos con otras entidades que se relacionen con el tema;
- b) Convocar a los gremios, universidades, organismos no gubernamentales, y centros de desarrollo tecnológico con el fin de lograr acuerdos para la ejecución de programas del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE;
- c) Crear las condiciones para que se desarrollen los convenios y programas PROURE y en general el mercado URE en Colombia;
- d) Propender por la utilización del gas natural en el sector residencial, industrial, comercial y vehicular, de manera que se dé cumplimiento a unas metas de demanda, que establecerá el Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, para ser logradas en forma gradual;
- e) Impulsar estrategias que permitan la prestación de servicios energéticos por parte de las empresas de servicios públicos y el surgimiento de empresas de servicios energéticos;
- f) Promover esquemas sostenibles que permitan el surgimiento y fortalecimiento de entidades ejecutoras de proyectos de Uso Racional y Eficiente de Energía;

## TITULO II

### ESTIMULOS

#### CAPITULO I

##### Estímulos para la investigación y la educación

**Artículo 13. Estímulos para la investigación.** Colciencias, a través de los Programas Nacionales del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología que sean pertinentes, desarrollará estrategias y acciones en conjunto con otras entidades, para crear líneas de investigación y desarrollo tecnológico en el uso racional y eficiente de la energía y/o fuentes no convencionales de energía, en un término no mayor a seis (6) meses contados a partir de la publicación del presente decreto en el Diario Oficial.

#### CAPITULO II

##### Reconocimientos

**Artículo 15.** Creación de la Condecoración al Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales. En desarrollo del numeral 3 del artículo 7º de la Ley 697 de 2001, créase la Orden al Mérito URE para distinguir y estimular a quienes se destaquen por el uso racional y eficiente de la energía y fuentes no convencionales.

## TITULO III

### MECANISMOS DE FINANCIACION

**Artículo 18.** Financiamiento del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE. El Ministerio de Minas y Energía, sus Unidades Administrativas Especiales CREG y UPME, en coordinación con las entidades públicas pertinentes, identificarán e implementarán los modelos y fuentes de financiación para la gestión y ejecución del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, y los aplicables a los proyectos de Uso Racional y Eficiente de Energía, URE, y de promoción de energías no convencionales, de conformidad con los lineamientos establecidos en el Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE.

**Parágrafo.** Para el cumplimiento de lo establecido en el presente artículo, las entidades enunciadas, contarán con un plazo no superior de cuatro (4) meses contados a partir de la publicación del presente decreto.

## **TITULO IV**

### **OBLIGACIONES DE LAS EMPRESAS Y OTRAS ENTIDADES Y DERECHOS DE LOS CONSUMIDORES**

#### **CAPITULO I**

Obligaciones de las empresas de servicios públicos y entidades de la Rama Ejecutiva del orden nacional

**Artículo 19. Obligaciones de las empresas de servicios públicos.** Las empresas de servicios públicos que generen, suministren y comercialicen energía eléctrica y gas y realicen programas URE, deberán presentar cada tres (3) años información de los aspectos técnicos y financieros de sus programas URE a la Unidad de Planeación Minero Energética, UPME, para su seguimiento, análisis e incorporación en la Planeación Energética Nacional.

#### **CAPITULO II**

Derecho de los consumidores

**Artículo 22. Derecho de información.** Con fundamento en el Decreto 070 de 2001, el Ministerio de Minas y Energía en coordinación con las demás autoridades competentes, expedirá los reglamentos técnicos de eficiencia energética que, entre otros aspectos, establecerán las condiciones para el porte de la etiqueta URE de los equipos de uso final de energía, la creación del sello de excelencia energética y las condiciones de comercialización de dichos equipos en lo relacionado con eficiencia energética, con el propósito de proteger los derechos de información de los consumidores.

#### **CAPITULO III**

Aplicación de criterios URE para uso de otros energéticos

**Artículo 23.** Usos del petróleo crudo y/o sus mezclas. A partir del primero de febrero de 2004 y con criterios de autoabastecimiento energético y de uso racional y eficiente de la energía, el petróleo crudo y/o sus mezclas que se explote en el territorio nacional y que se destine para consumo interno, solamente podrá ser utilizado para refinación.

### **PROTOCOLO DE KYOTO**

En el año 1992 se adoptó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático con el objetivo de lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático.

Se conformó un grupo Ad hoc del Mandato de Berlín (AGBM). Dicho grupo elaboró durante el transcurso de 2 años un borrador con nuevas propuestas cuyo texto fue sometido a una negociación final realizada en Kyoto (Japón) en diciembre de 1997, allí se acordó por consenso adoptar un Protocolo (denominado posteriormente Protocolo de Kyoto en honor al lugar donde se elaboró) bajo el cual los países industrializados se comprometían a reducir sus gases de efecto invernadero en un promedio de 5,3 % en el periodo del 2008 hasta el 2012 en relación a los niveles de 1990.

El Protocolo de Kyoto es un documento cuya ratificación le da vigencia mundial con carácter de obligatoriedad. Este documento contiene 28 artículos y 2 anexos que tratan entre otros los temas de: limitación de emisiones y compromisos de reducción, transferencia y comercio de unidades de reducción de emisiones, mecanismos financieros, mecanismo de desarrollo limpio, lista de gases de efecto invernadero y categorías de sectores/fuentes, y metas de limitación a las emisiones o reducciones comprometidas por las Partes.

**ANEXO B**  
**COMPOSICIÓN DEL GAS NATURAL**

CALIDAD DE GASES  
COMERCIALIZADOS EN COLOMBIA

ESPECIFICACION	UNIDAD	APIV	CANTAGALLO	CUBANA DE	CUBANA DE	CUBANA	EL CENTRO - ORÁN	GUAYMA COPIA ATLÁNTICA	GUAYMA INTERIOR	GUAYMA
<b>COMPOSICIÓN</b>										
METANO	%	82.285	81.341	78.543	78.809	74.703	82.834	80.900	87.887	86.740
ETANO	%	12.640	3.540	11.591	10.804	10.869	6.870	6.268	6.266	6.589
PROPANO	%	2.198	2.208	4.470	3.809	3.100	0.110	0.954	0.032	0.140
BUTANO	%	0.020	0.202	0.729	0.843	0.980	0.010	0.022	0.007	0.009
ISOBUTANO	%		0.742	0.785	0.885	1.270	0.020	0.008	0.007	0.021
PENTANO	%		0.082	0.232	0.124	0.400	0.010	0.000	0.000	0.016
ISOPENTANO	%		0.152	0.079	0.002	0.200	0.000	0.001	0.002	0.004
HEXANO	%		0.004	0.029	0.040	0.270	0.000	0.010	0.010	0.051
HEPTANO	%		0.000			0.220	0.000	0.000	0.022	0.000
OCTANO	%					0.000				
NONANO	%					0.000				
DECANO	%					0.010				
HIÓGENO	%	0.027	1.329	0.420	0.002	0.570	0.040	1.262	1.402	2.300
OXÍGENO	%	2.184	0.348	3.224	3.114	3.000	0.790	0.262	0.348	0.047
COQUEO	%						0.110	0.000		
		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
<b>PROPIEDADES</b>										
PEO MOLECULAR		40.10	40.10	24.22	29.75	22.28	17.20	16.26	16.37	16.54
GRAVEDAD ESPECÍFICA	-	0.661	0.620	0.723	0.710	0.700	0.597	0.585	0.585	0.571
PODER CALORÍFICO BRUTO POR L (40°C por 10°C)	kJ/m³	1,107.5	1088.5	1150.0	1124.0	1201.2	1,046.2	986.7	887.3	888.2
COEF. DE DILATACIÓN TÉRMICA (PROPIANO)	Grados	0.85	1.15	1.04	0.82	2.24	0.64	0.83	0.83	0.89

Resumen / General de Gas, Junio de 2004

CALIDAD DE GASES  
COMERCIALIZADOS EN COLOMBIA

ESPECIFICACION	UNIDAD	LLANITO	MOMPAJUELO	MORCUMAL	PAJDA	PAJDA - PASTOCCA	PROVINCIA	NO CIBAS	SANTA CLARA	TOQUIBOGA
COMPOSICIÓN										
METANO	%	83.283	96.533	75.880	88.417	88.417	88.886	92.700	84.926	87.303
ETANO	%	3.627	0.796	10.390	6.886	6.886	9.102	4.346	2.716	5.879
PROPANO	%	1.389	0.025	5.280	0.389	0.389	0.596	1.376	0.936	3.673
BUTANO	%	0.726	0.042	1.120	0.013	0.013	0.012	0.266	0.436	0.553
ISOBUTANO	%	0.787	0.011	1.440	0.017	0.017	0.003	0.406	0.496	1.226
ISOPENTANO	%	0.416	0.009	0.540	0.009	0.009	0.001	0.116	0.206	0.329
ISOPENTANO	%	0.342	0.004	0.390	0.005	0.005	0.002	0.076	0.156	0.239
HEXANO	%	0.116	0.000	0.310			0.004	0.046	0.106	0.383
HEPTANO	%		0.057	0.110				0.016	0.106	0.083
OCTANO	%			0.110					0.096	
NONANO	%			0.190					0.056	
DECANO	%			0.090					0.026	
NITROGENO	%	0.726	0.522	0.430	0.279	0.279	0.151	0.016	0.506	0.283
CO2	%	0.219	2.496	3.910	2.679	2.679	0.264	0.006	10.056	0.011
OXIGENO	%	0.487		0.090	0.039	0.039	0.011			
		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
PROPIEDADES										
PESD MOLECULAR		19.23	16.99	22.25	17.73	17.73	17.87	17.53	20.56	19.33
GRAVIDAD ESPECIFICA	-	0.664	0.507	0.790	0.612	0.612	0.617	0.602	0.710	0.667
PODR CALORIFICO BRUTO RAL 14.66 psi Y 60°	Btu/lpie <sup>3</sup>	1,021.4	883.7	1236.3	1,043.3	1,043.3	1,003.6	1,073.7	883.4	1100.3
GRV ESPECIFICACION DE PROPANO	Gal/gac	1.66	0.94	2.73	0.12	0.12	0.28	0.67	0.70	1.89

Resumen - General de Gas, Junio de 2004

**ANEXO C**  
**ESTADO DEL ARTE SOBRE URE**

<b>INFORMACIÓN GENERAL PROYECTO URE</b>	
<b>PDF</b>	
Sector gas	Es una recopilación de la información sobre el gas, de su evolución y crecimiento a nivel nacional, de su impacto en la economía, muestra quienes son los principales transportadores de gas natural, los programas que ha implementado el gobierno para impulsar el GNV y da la información de los decretos sobre el gas combustible hasta el 2004 y la gestión del gobierno en la parte ambiental.
Anexos sector gas	Este anexo muestra las tablas y gráficos de las reservas de gas en el país, de los consumos de gas por sectores, de la producción y consumo de GLP y quienes se encargan del suministro del GN en el país la cual incluye total de usuarios, usuarios comerciales e industriales.
Lineamientos de la política de cambio climático	Información sobre el efecto de invernadero y su influencia en el cambio climático global, el protocolo de KYOTO y su impacto en Colombia; la cual se puede ver afectada respecto a los recursos económicos que recibe de la explotación de las fuentes de energía no renovables debido al compromiso de la reducción de GEI.
Estudio sobre los consumos energéticos del sector industrial. (Argentina)	Muestra un seguimiento de la economía, la evolución del sector industrial en Argentina a partir de los 70, también un análisis estructural de la industria. En el sector energético se realizó un análisis respecto al consumo de energía del sector industrial manufacturero y su desarrollo, algo importante es que se muestra el consumo por sectores de las pymes y grandes empresas. Respecto al gas natural que corresponde al 50% del consumo energético de la industria manufacturera; se hace referencia al consumo de grandes usuarios industriales. Se muestra el diseño de una encuesta.
Otros PDF	1. Elementos estratégicos para el sector energía en América Latina y el Caribe, 2. Reglamento de la Comisión Nacional de Energía, 3. Incentivos regulatorios para introducir las fuentes no convencionales de energía en el mercado colombiano, 4. Diario oficial de las comunidades europeas, 5. Tercer diálogo parlamentario Europa-América Latina para promoción del uso eficiente de energía.

## **RESUMEN DEL ESTADO DEL ARTE DE ALGUNOS PAÍSES DE AFINIDAD ENERGÉTICA A COLOMBIA.**

### **ARGENTINA.**

#### **ESTUDIO SOBRE LOS CONSUMOS ENERGETICOS DEL SECTOR INDUSTRIAL**

El objetivo de este estudio ha sido realizar el análisis de la evolución del consumo industrial energético (y sus factores determinantes), a través de la búsqueda, recopilación, y procesamiento de información secundaria existente.

El análisis consideró la industria en su conjunto, las principales ramas que la componen y algunas actividades de particular interés. El período considerado ha sido 1997 - 2002. Sin embargo y en la medida de lo posible, el mismo se remontó a años anteriores al indicado, dados los significativos cambios estructurales que se operaron en el sector en las últimas décadas

Adicionalmente al análisis anterior, se presentan pautas para el diseño de una encuesta básica, que contienen una propuesta de cuestionario de la Encuesta, criterios de determinación de la muestra y recomendaciones para la ejecución de las Encuestas Piloto y Básica ya sea, mediante la participación de una empresa encuestadora o, alternativamente, a través de un esquema institucional a nivel oficial que involucre al INDEC, evaluando las ventajas y desventajas asociadas a cada alternativa planteada y, finalmente, recomendando la opción más conveniente.

## CUBA

### *POLÍTICA AMBIENTAL DEL MINISTERIO DE LA INDUSTRIA BÁSICA*

Contribuir al logro de una sociedad sustentable es una meta prioritaria para la Industria Básica de Cuba, lo que implica que sus producciones no deben realizarse a cualquier costo económico y ambiental, en este sentido, el MINBAS debe completar la formación de la fuerza técnica de alta calificación y dedicación conque cuenta, en los conceptos ambientales e introducir el uso de tecnologías que permitan la mejora continua de los aspectos técnicos vinculados al medio ambiente, teniendo en cuenta que los impactos ambientales no podrán ser llevados a cero o eliminados, pero si pueden ser reducidos a niveles ambientalmente aceptables.

Aceptando estas consideraciones, resulta altamente prioritario la incorporación de los aspectos ambientales en la toma de decisiones de toda la gestión a desarrollar en las entidades del MINBAS, desde la etapa de concepción, estudios proyectos, ejecución y puesta en marcha de los nuevos objetivos, modernizaciones, introducción de nuevas tecnologías; en la explotación de las instalaciones existentes y la comercialización de los productos y servicios.

## PERÚ

### MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN CALDERAS INDUSTRIALES EN EL PERÚ

Este estudio evalúa la factibilidad de un proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) para mejorar el nivel de eficiencia energética en las calderas industriales en el Perú. La idea de dicho proyecto MDL surgió de las actividades realizadas dentro del marco del proyecto “Desarrollo de la Capacidad Nacional para Proyectos MDL” auspiciado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en 1998. Como primer paso, se realizó un estudio de pre-factibilidad en 1999 (Geng, Morales, Justo 1999).

Sobre la base de estos resultados, el estudio analiza las características y circunstancias específicas de la producción de vapor en el Perú. Asimismo, brinda una evaluación exhaustiva del potencial, costos y riesgos para la mitigación de gases de efecto invernadero, sugiere una metodología de línea de base MDL y un plan de monitoreo, ilustra el marco institucional necesario para la implementación del proyecto MDL propuesto y, por último, analiza la contribución del proyecto a los objetivos de desarrollo sostenible del país.

## **URE EN AMÉRICA LATINA Y DEL CÁRIBE**

### **TERCER DIÁLOGO PARLAMENTARIO EUROPA - AMÉRICA LATINA PARA LA PROMOCIÓN DEL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA. (SANTIAGO DE CHILE, 2001)**

Este informe contiene las intervenciones de los expositores asistentes al III Dialogo parlamentario Europa - América Latina, que destacaron la importancia de estudiar acciones legislativas para propiciar el desarrollo sustentable del sector energético.

El objetivo fue propiciar el dialogo entre parlamentarios, formuladores de políticas energéticas, funcionarios de las agencias reguladoras, representantes de las empresas de servicios energéticos, entre otros, para intercambiar experiencias sobre las acciones legislativas, mecanismos regulatorios y programas para la promoción del uso eficiente de la energía.

### **ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. RESTRICCIONES Y PERSPECTIVAS. (SANTIAGO DE CHILE, 2003)**

En este trabajo se demuestra que existen razones culturales e institucionales del fracaso relativo del desarrollo energético sustentable en América Latina, y ésto no es un fenómeno específico latinoamericano, sino del mundo en desarrollo. En general para el caso de la eficiencia energética y las fuentes renovables, se trata de levantar tres tipos de barreras, sintetizadas en:

- Barreras económicas.
- Barreras financieras.
- Barreras Políticas.

Se ha podido verificar la falta de integración de la eficiencia energética y de las energías renovables en las políticas energéticas de la mayoría de los países de América Latina.

No obstante ello, se destacó el caso de la Comisión nacional de Energía (CONAE) de México, que en el 2001 tuvo un presupuesto operativo de 6.3 millones de dólares y el equivalente económico del ahorro de energía logrado se estimó alrededor de 360 millones de dólares. El otro ejemplo PROCEL en Brasil que entre 1995 y 2000, tuvo una inversión autorizada de 318 millones de dólares y su resultado fue un ahorro de 1500 millones de dólares.

Los otros documentos estudiados se referencian en la Bibliografía del presente proyecto de grado.

**ANEXO D**  
**ENCUESTA**

## ENCUESTA

La presente encuesta busca conocer aspectos relacionados con el consumo de gas natural en su empresa, orientados a conocer su percepción acerca de estos y a establecer la mejor manera de brindarle soluciones que le permitan mejorar su rendimiento.

### Aspectos a Evaluar

- Percepción en la industria del rendimiento, costo de los equipos a gas y costo del combustible.
- Dificultades energéticas en el sector industrial
- Problemas que originan el alto consumo de gas en la industria
- Principales causas asociadas a estos problemas
- Tecnología utilizada en la industria
- Mantenimiento realizado a los equipos

Favor contestar las siguientes preguntas de la manera más clara y objetiva, con el fin de obtener resultados veraces y así poder alcanzar importantes beneficios para la industria santandereana.

**Fecha:**

---

—

**Nombre de la empresa:**

---

**Dirección:**

---

**Nombre del encuestado:**

---

**Cargo:**

---

**Cuestionario**

¿Está usted conforme con el rendimiento de sus equipos a gas? Si \_\_ No \_\_  
¿Porqué?

---

---

---

---

---

---

---

¿Sabe cuál es el rendimiento óptimo de sus equipos? Si \_\_ No \_\_  
¿Cuál es el rendimiento de su equipo? (de 0% a 100%) \_\_\_\_\_

¿Cree que el rendimiento de los equipos de la empresa se puede mejorar? Si \_\_  
No \_\_

Con un adecuado proyecto la empresa podría reducir el consumo energético  
¿Conoce algunos de los mecanismos por los cuales usted podría mejorar el  
rendimiento de los equipos de la empresa? Si \_\_ No \_\_ ¿Cuáles?

---

---

---

---

---

---

---

¿La empresa ha realizado algún proyecto para reducir el consumo energético y  
mejorar la eficiencia del proceso de producción? Si \_\_ No \_\_

¿Cuál?

---

---

---

---

---

---

---

¿Existen registros de los últimos años sobre el consumo global y por equipo de gas natural en su empresa? Si \_\_ No\_\_

¿Estos registros se asocian los costos de consumo y producción? Si \_\_ No\_\_

¿Qué sabe del impacto ambiental producido por los gases de la combustión, qué ha realizado su empresa para disminuir este impacto?

---

---

---

---

---

---

---

¿Existen registros de los últimos años sobre las emisiones de gases productos de la combustión de gas natural en su empresa? Si \_\_ No\_\_

¿Cuáles cree que son las ventajas del gas natural frente a otros combustibles?

---

---

---

---

---

---

---

¿Cuáles cree que son las desventajas del gas natural frente a otros combustibles?

---

---

---

---

---

---

¿Ha detectado actual o anteriormente en la empresa algún problema específico al respecto de sus equipos a gas? Si \_\_ No\_\_  
¿Cual?

---

---

---

---

---

---

Considera usted que las causas de los problemas de los equipos que operan con gas natural está asociada principalmente a:

- a. Deficiencias de los equipos
- b. Nivel de tecnología de los equipos
- c. Deficiencias en el mantenimiento de los equipos
- d. Deficiencias en la operación de los equipos
- e. Falta de personal capacitado para la puesta a punto de los equipos
- f. Al uso de Gas natural como combustible

Otros.  
¿Cual? \_\_\_\_\_

¿Cuales equipos utilizan gas natural en su empresa, lleva registro de la frecuencia de falla de éstos?

---

---

---

---

---

---

¿Qué tipo de mantenimiento se realiza a los equipos que trabajan con gas natural en su empresa?

---

---

---

¿Cree que este tipo de mantenimiento es el adecuado para los equipos de la empresa? Si \_\_\_ No\_\_\_ ¿cuál cree que sería el mantenimiento adecuado?

---

---

---

---

¿Tipo de documentación de los equipos que posee la empresa?

Manuales \_\_, hojas de vida \_\_, planos \_\_,  
otros \_\_\_\_\_

¿Cuál es la empresa encargada del mantenimiento (origen) y puesta a punto del equipo?

---

\_\_ ¿Cual es el costo de este mantenimiento? \_\_\_\_\_ ¿Dicha empresa facilita los resultados de las emisiones de los gases productos de la combustión? Si \_\_\_ NO \_\_\_

¿Conoce usted los parámetros necesarios (presión y temperatura) para los diferentes niveles de producción? Si \_\_\_ NO \_\_\_ ¿Lleva registro de éstos? Si \_\_\_ NO \_\_\_

20 ¿Conoce las condiciones a las que opera el sistema de producción y distribución de vapor?

Si \_\_\_ No \_\_\_

- $m^3$  gas/ ton producto \_\_\_\_\_
- $m^3$  gas/ ton vapor \_\_\_\_\_
- # de equipos consumidores de gas \_\_\_\_\_
- # de trampas de vapor \_\_\_\_\_
- # de líneas de vapor \_\_\_\_\_
- Frecuencia con la que se realiza el Mtto \_\_\_\_\_
- Tiro (presión relativa caldera- salida chimenea) \_\_\_\_\_

<b>EQUIPOS</b>					
<b>MARCA</b>					
<b>MODELO</b>					
<b>POTENCIA</b>					
<b>PRESIÓN DE TRABAJO</b>					
<b>TEMPERATURA DEL VAPOR DE TRABAJO</b>					
<b>PRESIÓN DEL PROCESO</b>					
<b>TEMPERATURA DEL VAPOR EN EL PROCESO</b>					
<b>TEMPERATURA DEL AGUA DE SUMINISTRO</b>					
<b>CAUDAL DE AGUA DE SUMINISTRO</b>					
<b>NÚMERO DE PURGAS/DÍA</b>					
<b>FRECUENCIA DE PURGAS</b>					
<b>HORAS DE TRABAJO</b>	DIARIA				
	SEMANAL				
	MENSUAL				

**ANEXO E**  
**COBERTURA DEL SERVICIO DE GAS NATURAL EN COLOMBIA**

COBERTURA DEL SERVICIO DE GAS NATURAL EN EL PAIS - Marzo 31 de 2005																
No.	POBLACIONES CON SERVICIO	Depto	CATASTRO	TOTAL USUARIOS RESIDENCIALES ANILLADOS	USUARIOS RESIDENCIALES CONECTADOS POR ESTRATO						TOTAL USUARIOS RESIDENCIALES CONECTADOS	TOTAL USUARIOS COMERCIALES	TOTAL USUARIOS INDUSTRIALES	TOTAL USUARIOS GAS NATURAL	COBERTURA RESIDENCIAL %	
					1	2	3	4	5	6					Potencial	Efectiva
<b>Alcance de Colombia (Zona Centro Tolima)</b>																
1	Alvarado	Tolima	650	630	70	327							397	96.9%	61.1%	
2	Ambalema	Tolima	1,880	1,326	285	454	46						785	70.5%	41.8%	
3	Cricorai	Tolima	1,764	1,190	54	536	131						721	67.5%	40.9%	
4	Doima	Tolima	128	120	1	84							85	95.2%	67.5%	
5	Espinal	Tolima	16,475	10,167	785	3,104	1,918	227	1	1			6,034	47.7%	36.6%	
6	Flandes	Tolima	8,500	6,384	69	1,869	1,351						2,969	15.1%	35.2%	
7	Frisero	Tolima	3,163	2,815	179	909	587	1					1,676	69.0%	53.0%	
8	Guayabal	Tolima	2,696	2,034	407	722	3						1,132	67.4%	42.0%	
9	Herveo	Tolima	688	557	56	356							472	83.4%	61.7%	
10	Itagüé	Tolima	96,018	88,318	7,393	36,480	23,259	3,001	527	149			70,809	355.1%	73.7%	
11	La Dorada	Caldas	16,413	15,966	1,202	3,823	1,229	44	1				6,299	22.1%	38.4%	
12	La Sierra	Tolima	383	363	220	56	1						277	94.8%	72.3%	
13	La Victoria	Caldas	1,214	1,072	295	282	163						740	88.3%	61.0%	
14	Lérida	Tolima	3,917	3,735	293	1,907	24						2,224	95.4%	56.6%	
15	Manzanares	Caldas	2,111	1,796	74	468	192	6					740	85.1%	35.1%	
16	Mariputa	Tolima	8,719	5,737	1,077	1,911	258	13					3,259	21.1%	48.5%	
17	Piedras	Tolima	443	421	8	274							282	95.0%	63.7%	
18	Puerto Boyacá	Boyaca	7,178	5,838	368	2,059	1,052						3,519	81.4%	49.0%	
19	Puerto Saigá	Cundinamarca	2,630	2,100	587	467	74						1,128	79.6%	42.9%	
20	San Luis	Tolima	1,043	993	229	223							452	95.2%	43.3%	
21	Venadillo	Tolima	2,200	2,096	211	686	17						1,114	95.3%	50.6%	
22	Libano	Tolima	6,334	6,024	148	1,852	1,020	54					3,074	95.1%	48.5%	
23	TIERRADENTRO	Tolima	59	50	10	21							31	84.7%	52.5%	
24	HONDA	Tolima	7,900	5,833	354	1,051	359	26					1,790	74.8%	22.9%	
25	GIRARDOT	Cundinamarca	23,571	16,808	483	2,656	2,800	71	19				6,026	71.3%	25.6%	
26	RICARTE	Cundinamarca	1,667	1,048	20	32	241	21	1				316	62.9%	18.9%	
	Subtotal		215,626	183,422	14,878	62,598	34,763	3,464	545	159			116,309	55.9%	53.9%	
<b>Alcance de Colombia (Zona Huila - Sur Tolima)</b>																
27	Neiva	Huila	67,471	65,864	11,182	28,717	17,038	8,052	1,204	123			64,316	97.6%	95.3%	
28	Alpe	Huila	2,233	2,160	313	1,403	365	9					2,090	97.2%	94.0%	
29	Villavieja	Huila	601	726	188	400	3						591	90.6%	73.8%	
30	Felío	Huila	1,167	1,083	591	308	127						1,026	92.8%	87.9%	
31	Baraya	Huila	1,017	831	407	230	44						660	81.7%	67.6%	
32	Juncal	Huila	482	449	65	372	7						434	93.2%	90.0%	
33	Belantá	Huila	101	93	23	62	2						87	92.1%	86.1%	
34	Yaguara	Huila	1,816	1,754	452	1,101	160	1					1,720	96.6%	94.7%	
35	Palermo	Huila	3,280	2,865	973	1,057	513	5					2,548	87.3%	77.7%	
36	Teruel	Huila	1,006	992	284	467	123						844	98.6%	83.9%	
37	Rivera	Huila	3,366	3,311	606	1,614	533	34	21				3,028	29.1%	88.8%	
38	Campoalegre	Huila	6,122	5,767	1,551	2,401	960						4,642	23.1%	75.8%	
39	Hobo	Huila	1,337	1,243	420	421	4						845	84.0%	63.2%	
40	Algeciras	Huila	2,368	2,318	420	999	97						1,516	97.9%	84.0%	
41	Gigante	Huila	2,676	2,456	685	1,431	146						2,142	91.8%	80.0%	
42	Gaizon	Huila	7,751	7,410	1,210	2,296	1,406	95	1	2			5,013	95.6%	64.7%	

No.	POBLACIONES CON SERVICIO	Depto.	CATASTRO	TOTAL USUARIOS RESIDENCIALES ANILLADOS	USUARIOS RESIDENCIALES CONECTADOS POR ESTRATO						TOTAL USUARIOS RESIDENCIALES CONECTADOS	TOTAL USUARIOS COMERCIALES	TOTAL USUARIOS INDUSTRIALES	TOTAL USUARIOS GAS NATURAL	COBERTURA RESIDENCIAL %	
					1	2	3	4	5	6					Potencial	Efectiva
43	17 Tarqui	Huila	1,025	1,009	410	325	14				749	2		751	98.4%	73.1%
44	18 Tesalia	Huila	1,288	1,204	654	425	50				1,129	3		1,132	93.8%	87.7%
45	19 Palco	Huila	716	658	114	375	108				597	1		598	92.0%	83.5%
46	20 La Plata	Huila	4,330	4,088	213	1,490	1,064				2,763	19	1	2,783	94.4%	83.8%
47	21 Fortalecidas	Huila	620	637	100	341	6				456	5	2	463	102.7%	73.5%
48	22 Guadroc	Huila	160	105	57	42	9				108			108	65.6%	67.5%
49	23 San Francisco	Huila	90	81	50	10					75			75	90.0%	83.3%
50	24 Saicaba	Tolima	1,550	1,729	95	473	212	5			785	7	1	793	88.7%	40.3%
51	25 Natagaima	Tolima	2,660	2,366	280	736	233				1,249	2		1,251	88.9%	47.0%
52	26 Guamo	Tolima	2,901	2,543	200	1,271	233				1,803	6	1	1,810	87.7%	62.2%
53	27 Purificacion	Tolima	2,627	2,515	231	998	113				1,342	4	1	1,347	95.7%	51.1%
54	28 Melgar	Tolima	8,646	6,572	277	1,087	896	36			2,256	11		2,307	76.0%	26.6%
	Troncal Sur	Huila														
55	29 Gualanday	Tolima	382	341	25	103	40				169	1		169	89.3%	44.0%
56	30 Carmen de Apicalá	Tolima	2,099	2,125	41	560	157	10			768	2		770		
57	31 Fusagasuga	Cundinamarca	21,480	19,109	1,042	3,583	1,230	1,273	12	1	7,141	6		7,147	89.0%	33.2%
	Subtotal		153,977	144,384	23,126	55,302	25,629	7,520	1,238	126	112,941	787	48	113,776	93.8%	73.3%
<b>Gasoriental</b>																
58	1 Bucaramanga	Santander	113,262	110,362	12,893	16,955	27,407	33,134	3,752	5,013	100,204	4,251	60	104,515	97.4%	86.5%
59	2 Florida	Santander	3,646	3,698		2,498	719	195			3,412	101	1	3,514	101.2%	93.6%
60	3 Girón	Santander	22,031	22,784	5,095	7,015	8,235	601	70	2	21,018	565	49	21,532	103.4%	95.4%
61	4 Piedecuesta	Santander	17,754	18,567	146	4,456	11,908	772	45	2	17,329	420	7	17,756	104.6%	97.6%
62	5 Sabana de Torres	Santander	3,595	2,956	321	1,358	1,176				2,895	59		2,954	84.1%	81.5%
63	6 Puerto Wilches	Santander	3,292	2,992	1,661	820	416				2,897	38		2,935	90.9%	88.0%
64	7 Lebrija	Santander	2,490	2,505	27	636	1,668	29		3	2,363	77	2	2,442	101.0%	95.3%
65	8 Cantagallo	Bolivar	529	564	86	463					549	5		554	106.6%	103.8%
66	9 San Pablo	Bolivar	2,791	2,872	2,048	728					2,774	49		2,823	102.9%	99.4%
	Subtotal		168,335	167,320	22,275	34,979	51,529	34,731	3,907	6,020	153,441	5,565	119	159,125	98.8%	90.6%
<b>Gases de Barrancabermeja</b>																
67	1 Barrancabermeja	Santander	43,127	42,006	9,209	13,897	8,156	5,082	670		37,014	321	1	37,336	97.4%	85.6%
68	2 Yonco	Antioquia	1,358	1,362	524	281	16				1,221	12		1,233	100.3%	99.9%
69	3 Puente Sogamoso	Santander	1,061	1,037	667	222	9				968	2		970	97.6%	91.1%
70	4 El Piedral	Santander	350	354	155	112	9				288			289	101.1%	82.3%
	Subtotal		45,897	44,759	10,556	14,882	8,189	5,082	670		39,491	335	1	39,827	97.5%	86.0%
<b>Gases de Occidente</b>																
71	1 Cali	Valle	467,224	434,637	20,418	80,526	115,945	25,527	20,559	5,624	268,699	4,414	199	273,312	93.0%	57.5%
	Subtotal		467,224	434,637	20,418	80,526	115,945	25,527	20,559	5,624	268,699	4,414	199	273,312	93.0%	57.5%
<b>Gases de La Guajira</b>																
72	1 Rionacha	Guajira	22,516	19,308	4,762	5,651	3,570	1,149	267	1	16,430	281	9	16,720	84.6%	72.0%
73	2 Malcao	Guajira	19,031	13,397	811	6,365	2,951	348			10,495	117	10	10,622	70.4%	55.1%
74	3 Camarones	Guajira	565	455	45	268					313	1	1	315	80.1%	55.1%
75	4 Mingueo	Guajira	1,248	578		398					399	4		402	46.3%	31.9%
76	5 Palomino	Guajira	530	229		153					153	7		160	43.8%	29.4%
77	6 Oliva	Guajira	895	740	1	545					546	8		554	82.7%	61.0%
78	7 Uribá	Guajira	1,643	942	81	570	30				881	26	2	793	87.3%	41.4%
79	8 Manaure	Guajira	1,631	811	9	471	134				614	25		639	49.7%	37.6%
80	9 Río Ancho	Guajira	294	294											100.0%	

No.	POBLACIONES CON SERVICIO	Depto	CATASTRO	TOTAL USUARIOS RESIDENCIALES ANILLADOS	USUARIOS RESIDENCIALES CONECTADOS POR ESTRATO						TOTAL USUARIOS RESIDENCIALES CONECTADOS	TOTAL USUARIOS COMERCIALES	TOTAL USUARIOS INDUSTRIALES	TOTAL USUARIOS GAS NATURAL	COBERTURA RESIDENCIAL %	
					1	2	3	4	5	6					Potencial	Efectiva
299	8 Itagol	Antioquia	63.604	26.076	41	2.619	6.341	468	10	36	9.515	58	136	9.709	41.0%	15.0%
300	9 Medellin	Antioquia	594.553	240.616	373	17.888	33.215	18.565	19.683	14.458	104.162	1.013	310	105.505	40.6%	17.6%
301	10 Sabaneta	Antioquia	12.194	3.811		506	1.071	126	3	5	1.711	40	36	1.787	31.3%	14.0%
	<b>Subtotal</b>		<b>881.376</b>	<b>359.727</b>	<b>1.835</b>	<b>32.351</b>	<b>57.393</b>	<b>23.805</b>	<b>23.689</b>	<b>15.219</b>	<b>154.302</b>	<b>1.332</b>	<b>561</b>	<b>156.195</b>	<b>39.8%</b>	<b>17.5%</b>
<b>Llanogras</b>																
302	1 Villavieja	Meta	76.100	75.300	6.696	21.726	36.458	7.488	2.538	781	75.856	1.188	17	77.058	98.9%	99.7%
303	2 Acacias	Meta	8.171	8.070	1.393	1.689	792	82			3.956	83	2	4.041	98.8%	48.4%
304	3 Restrepo	Meta	1.428	1.428	354	429	641				1.424	22		1.446	100.0%	99.7%
305	4 Cumaral	Meta	1.910	1.910	137	945	800				1.882	29		1.911	100.0%	98.5%
306	5 Guayabal	Cundinamarca	285	240	8	274	1				283	4		287	84.2%	99.3%
307	6 Quetame	Cundinamarca	247	246	7	193	45				245	1		246	99.6%	99.2%
308	7 Puente Quetame	Cundinamarca	140	140		122	18				140	4		144	100.0%	100.0%
309	8 Caqueza	Cundinamarca	826	804	37	598	187	3			825	18		843	97.3%	99.9%
310	9 Uña	Cundinamarca	519	518	3	254	231				518	33		551	99.6%	99.6%
311	10 Chipaque	Cundinamarca	288	273		79	205				284	14		298	94.8%	98.6%
312	11 Fosca	Cundinamarca	242	235	12	219	10				241	5		246	97.1%	99.6%
	<b>Subtotal</b>		<b>90.156</b>	<b>89.164</b>	<b>8.847</b>	<b>26.557</b>	<b>39.388</b>	<b>7.573</b>	<b>2.538</b>	<b>751</b>	<b>85.654</b>	<b>1.398</b>	<b>19</b>	<b>87.071</b>	<b>98.9%</b>	<b>95.0%</b>
<b>Madugas Ingeniaros</b>																
313	1 Acacias	Meta	13.000	9.052	1.717	2.613	792	105			5.427	69	4	5.496	69.5%	41.7%
314	2 Faratebuena	Cundinamarca	400	390	40	296	17				343	15		358	97.5%	85.8%
	<b>Subtotal</b>		<b>13.400</b>	<b>9.482</b>	<b>1.757</b>	<b>3.098</b>	<b>809</b>	<b>105</b>			<b>5.770</b>	<b>80</b>	<b>4</b>	<b>5.854</b>	<b>70.8%</b>	<b>43.1%</b>
<b>Metrogias</b>																
315	1 Floriblanca	Santander	53.195	50.199	4.267	18.681	17.104	7.007	2.664	707	50.430	354	5	50.789	94.4%	94.8%
	<b>Subtotal</b>		<b>53.195</b>	<b>50.199</b>	<b>4.267</b>	<b>18.681</b>	<b>17.104</b>	<b>7.007</b>	<b>2.664</b>	<b>707</b>	<b>50.430</b>	<b>354</b>	<b>5</b>	<b>50.789</b>	<b>94.4%</b>	<b>94.8%</b>
<b>Surtigas</b>																
316	1 Cartagena	BOLIVAR	202.467	154.634	39.079	44.154	30.730	9.882	6.077	6.558	135.480	1.490	163	137.133	76.4%	66.9%
317	2 Turbaco	BOLIVAR	12.939	9.624	1.795	5.621	883	557			8.866	84	2	9.342	74.4%	68.4%
318	3 Arjona	BOLIVAR	12.270	7.740	4.432	2.618	136				7.183	54	1	7.238	63.1%	58.6%
319	4 Magangué	BOLIVAR	21.531	16.399	4.337	8.556	253	289			13.435	95	7	13.537	71.5%	62.4%
320	5 Mompos	BOLIVAR	5.227	4.108	1.578	1.129	596				3.303	11		3.314	78.6%	63.2%
321	6 Buenavista	SUCRE	2.244	1.632	845	250					1.096	7		1.102	72.7%	48.8%
322	7 San Pedro	SUCRE	3.271	2.238	1.141	610	58				1.809	16	1	1.826	68.4%	55.3%
323	8 Pla Cartagena-Imon	BOLIVAR	1.670	1.011	205	403					612			612	60.5%	36.6%
324	9 San Juan Nepomuce.	BOLIVAR	4.847	4.145	707	2.807	61				3.575	37		3.612	85.6%	73.8%
325	10 San Jacinto	BOLIVAR	3.775	3.301	1.979	613	18				2.610	32		2.642	87.4%	69.1%
326	11 El Carmen de Bolivar	BOLIVAR	11.370	7.512	2.381	3.059	694				6.144	74	1	6.219	66.1%	54.0%
327	12 Ciemencia	BOLIVAR	1.787	1.188	354	452	1				807	2	1	810	66.5%	45.2%
328	13 Ovejas	SUCRE	2.625	1.782	685	560	47				1.292	14		1.306	66.7%	49.2%
329	14 Santa Rosa	BOLIVAR	2.995	2.069	770	849					1.619	9		1.628	69.2%	54.2%
330	15 Santa Catalina	BOLIVAR	1.476	972	455	222	7				684	2		686	65.9%	46.3%
331	16 Maria la Baja	BOLIVAR	3.597	2.706	861	1.054	66				1.991	12		2.003	75.2%	55.4%
332	17 Turbana	BOLIVAR	2.222	1.734	577	683	16				1.276	9		1.285	78.0%	57.4%
333	18 Santa Ana	MAGDALENA	3.015	1.529	389	796	16				1.201	3	1	1.205	50.7%	39.8%
334	19 Tlaloga Nvo. Vjo.	BOLIVAR	1.176	861	450	271					721	1		722	73.2%	61.3%
335	20 Villanueva	BOLIVAR	3.500	2.818	1.550	186					1.736	2		1.738	80.5%	49.6%
336	21 Granaca	SUCRE	1.500	559	423	1					424			424	65.9%	42.4%
337	22 Siroejejo	SUCRE	57.525	45.054	11.067	14.716	7.365	2.862	353	459	36.821	424	13	37.250	77.8%	63.6%
338	23 San Onofre	SUCRE	3.400	2.097	425	1.050	435	15			1.920	23		1.943	61.7%	56.6%

**ANEXO F**  
**EMPRESAS Y PRINCIPALES CONSUMIDORES DE GAS NATURAL EN**  
**EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA DISTRIBUIDO POR**  
**GASORIENTE S.A.**

EMPRESA	DIRECCIÓN	PRINCIPALES REGISTROS DE CONSUMO DE GAS NATURAL (m3/mes)									
		PROMEDIO	Jun-05	May-05	Abr-05	Mar-05	Feb-05	Ene-05	Dic-05	Nov-05	
INDUSTRIALES BAVARIA S.A.	Vía Café Madrid (Bavaria)	548117	xxxx	648356	589725	643704	410092	585572	546692	512917	
AVIDESAS MAC POLLO S.A.	Km 6,5 vía Café Madrid	212155	xxxx	194791	186070	189948	203351	205351	224846	263365	
<b>SANTANDEREANA DE ACEITES S.A.</b>	<b>Zona indust Chimita Km 1</b>	<b>153700</b>	<b>xxxx</b>	<b>56839</b>	<b>45021</b>	<b>107152</b>	<b>169411</b>	<b>161591</b>	<b>227722</b>	<b>211303</b>	
DISTRAVES S.A.	Vía Piedecue-Guatigu Km 4	69125	xxxx	73900	74759	68625	75838	57937	62791	74800	
<b>PRECOCIDOS DEL ORIENTE LTDA.</b>	<b>Autopista Girón Km 4</b>	<b>57868</b>	<b>xxxx</b>	<b>95489</b>	<b>72977</b>	<b>58246</b>	<b>53478</b>	<b>49125</b>	<b>56839</b>	<b>56540</b>	
FRESKALECHE S.A.	Parque industrial Km 3	48946	xxxx	52180	43818	55683	54984	43728	49081	46382	
EMBOTELLADORAS DE SAN (Coca-cola)	Autopista Girón Km 2	47565	xxxx	47051	47464	47464	47560	48195	48830	45876	
<b>ACEITES Y GRASAS DE SANTANDER</b>	<b>Autop Girón Km 7 Cra 14</b>	<b>47498</b>	<b>xxxx</b>	<b>6568</b>	<b>43920</b>	<b>50731</b>	<b>54881</b>	<b>30443</b>	<b>28212</b>	<b>76801</b>	
HOSPITAL UNIVERSITARIO DE SANTAND	Cra 33 # 28 - 126	41204	xxxx	43058	41075	43486	41504	37718	40126	43316	
GASEOSAS HIPINTO S.A.	Calle 65 # 27 - 20	32368	31715	30554	30724	28399	32606	31941	39983	xxxx	
PASTAS GAVASSA & CIA. LTDA.	Calle 21 # 12 - 61	30849	xxxx	26350	36062	22666	33377	28312	30347	34330	
INCUBADORA SANTANDER S.A.	Autopista Girón Km 6	29070	xxxx	28834	26696	28615	30963	27329	29950	30868	
PRETE DEL ORIENTE (PRETECOR LTDA)	Vía Piedecuesta Km 10	27845	xxxx	33131	28883	25768	28883	25202	28882	29450	
INCUBADORA ÁNDINA S.A.	Vía Chimita Km 2	26481	xxxx	27620	23254	26220	27689	27466	27466	26791	
INCUB DEL ORIENTE S.A. (PIMPOLLO)	Cra 15 # 4 - 30	26266	xxxx	29541	24843	30404	33415	24767	21339	22828	
<b>TRANSEJES S.A.</b>	<b>Zona industrial Girón</b>	<b>25183</b>	<b>xxxx</b>	<b>15274</b>	<b>34860</b>	<b>25540</b>	<b>26653</b>	<b>16325</b>	<b>22020</b>	<b>25702</b>	
CLINICA SEGUROS SOCIALES.	Cra 27 # 30 - 15	23191	xxxx	25627	23503	23248	24975	24353	21747	21322	
<b>NUTRIMAX</b>	<b>Vía Girón Km 7 Cra 14</b>	<b>21365</b>	<b>xxxx</b>	<b>14876</b>	<b>14490</b>	<b>19886</b>	<b>22058</b>	<b>26232</b>	<b>24402</b>	<b>21119</b>	
COAVICOLAS S.A. (Purina Colombiana)	Autopista Girón Km 6	20018	xxxx	17802	13706	19877	19131	21873	24579	20943	
FRIGORIFICO METROPOLITANO LTDA.	Km 5 Anillo vial Florida-B/ga	19651	xxxx	20114	19836	19393	22674	18126	17563	20314	
DISTRAVES S.A.	Autopista Girón Km 7	19390	xxxx	22647	19202	21146	20982	18584	18678	17747	
PROCESADORA NACIONAL CIGARRERA	Autopista Girón Km 4	17616	xxxx	19929	23157	14688	23206	9720	18117	16805	
FORJADOS S.A.	Autopista Girón Km 6 # 57	17226	xxxx	20392	22742	3014	11046	20995	22168	23392	
<b>ITALCOL S.A. (Carbone Rodriguez &amp; CIA)</b>	<b>Autopista Girón Km 6</b>	<b>13569</b>	<b>xxxx</b>	<b>18485</b>	<b>41730</b>	<b>6623</b>	<b>7756</b>	<b>7666</b>	<b>7543</b>	<b>10098</b>	
FIBERGLASS COLOMBIANA S.A.	Vía Palenque Chimita Km 1	12898	xxxx	14667	17025	15884	11599	11074	11327	10477	
<b>ARROCERA SAN CRISTOBAL LTDA.</b>	<b>Cra 15 # 7 - 34</b>	<b>12099</b>	<b>xxxx</b>	<b>4048</b>	<b>1059</b>	<b>1217</b>	<b>11225</b>	<b>15153</b>	<b>25880</b>	<b>18060</b>	
SALSAMENTARIA SANTANDER LTDA.	Calle 48 # 17 - 17	11934	11146	10575	9447	11465	10160	17287	12671	xxxx	
PRODUCTOS ALIMENTIC LA VICTORIA.	Cra 21 # 48 - 35	11131	10822	10495	8393	11040	10184	16529	10144	xxxx	
ARROCERA TROPICAL	Calle 7 # 16 - 28	11118	xxxx	5438	7846	6313	10234	20557	13513	8245	
HOSPITAL SIQUIATRICO SAN CAMILO.	Calle 45 # 7 - 04	10595	11021	10577	10326	10833	9875	10901	11057	xxxx	
MOLINOS SANTANDER (VESGA AMAYA )	Cra 15 # 10 - 04	9680	xxxx	9104	10029	3904	3981	14293	18457	7416	
QUESOS DE SANTANDER LTDA.	Cra 18 # 13 - 33	9556	xxxx	10051	9138	11274	10335	8148	9136	9307	
ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL S.A.	Cra 21 # 56 - 117 Girón	9439	xxxx	17168	11086	4900	1683	3804	17598	17563	
COMFENALCO	Av. G Valencia # 52 - 69	9034	9960	9822	9163	9595	7502	8889	9230	xxxx	

ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL S.A.	Cra 21 # 56 - 11/ Girón	9439	Cuba
COMFENALCO	Av. G Valencia # 52 - 69	9034	Aire acondicionado
<b>EMPRESA</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>CONSUMO PROMEDIO (M<sup>3</sup>/MES)</b>	<b>EQUIPO</b>
BAVARIA S.A.	Vía Café Madrid(Bavaria)	548117	Caldera
AVIDESA MAC POLLO S.A.	Km 6,5 vía Café Madrid	212155	Caldera
<b>SANTANDEREANA DE ACEITES S.A.</b>	<b>Zona ind Chimita Km 1</b>	<b>153700</b>	Caldera
DISTRAVES S.A.	Via Pied-Guatiguar Km 4	69125	Caldera
<b>PRECOCIDOS DEL ORIENTE LTDA.</b>	<b>Autopista Girón Km 4</b>	<b>57868</b>	Caldera
FRESKALECHE S.A.	Parque industrial Km 3	48946	Caldera
EMBOTELLADO DE SDER (Coca-cola)	Autopista Girón Km 2	47565	Caldera
<b>ACEITES Y GRASAS DE SANTANDER</b>	<b>Auto Girón Km 7 Cra 14</b>	<b>47498</b>	Caldera
HOSPITAL UNIVERSIT DE SANDER.	Cra 33 # 28 - 126	41204	Caldera
GASEOSAS HIPINTO S.A.	Calle 65 # 27 - 20	32368	Caldera
PASTAS GAVASSA & CIA. LTDA.	Calle 21 # 12 - 61	30849	Caldera
PRES DEL ORIEN (PRETECOR LTDA)	Via Piedecuesta Km 10	27845	Caldera
INCUBADORA ÁNDINA S.A.	Vía Chimita Km 2	26481	Caldera
INCUB DEL ORIENT S.A. (PIMPOLLO)	Cra 15 # 4 - 30	26266	Caldera
CLINICA SEGUROS SOCIALES.	Cra 27 # 30 - 15	23191	Caldera
<b>NUTRIMAX</b>	<b>Vía Girón Km 7 Cra 14</b>	<b>21365</b>	Caldera
DISTRAVES S.A.	Autopista Girón Km 7	19390	Caldera
FORJADOS S.A.	Aut Girón Km 6 # 57 - 47	17226	Hornos
<b>ITALCOL S.A. (Carbone Rodriguez &amp;</b>	<b>Autopista Girón Km 6</b>	<b>13569</b>	Caldera
FIBERGLASS COLOMBIANA S.A.	Vía Palenque Chim Km 1	12898	Calderin
<b>ARROCERA SAN CRISTOBAL LTDA.</b>	<b>Cra 15 # 7 - 34</b>	<b>12099</b>	Secadores
SALSAMENTARIA SANTANDER LTDA.	Calle 48 # 17 - 17	11934	Caldera
PRODUCTOS ALIMENT LA VICTORIA.	Cra 21 # 48 - 35	11131	Freidora
HOSP SIQUIATRICO SAN CAMILO.	Calle 45 # 7 - 04	10595	Caldera
ICOHARINAS LTDA.	Cra 15 # 1N - 83	10012	Caldera
MOLINO SDER (VESGA AMAYA Y CIA)	Cra 15 # 10 - 04	9680	Secadores
QUESOS DE SANTANDER LTDA.	Cra 18 # 13 - 33	9556	Caldera

TOTAL DE EMPRESAS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA QUE CONSUMEN GAS NATURAL DISTRIBUIDO POR GASORIENTE S.A.		
1	BAVARIA S.A.	548117
2	HOSPITAL UNIVERSITARIO DE SANTANDER. (CALDERA)	41204
3	GASEOSAS HIPINTO S.A.	32368
4	PASTAS GAVASSA & CIA. LTDA.	30849
5	INCUBADORA DEL ORIENTE S.A. (PIMPOLLO)	26266
6	CLINICA SEGUROS SOCIALES. (CALDERA)	23191
7	ARROCERA SAN CRISTOBAL LTDA.	12099
8	SALSAMENTARIA SANTANDER LTDA.	11934
9	PRODUCTOS ALIMENTICIOS LA VICTORIA.	11131
10	ARROCERA TROPICAL	11118
11	HOSPITAL SIQUIATRICO SAN CAMILO. (CALDERA)	10595
12	MOLINOS SANTANDER (VESGA AMAYA Y CIA)	9680
13	QUESOS DE SANTANDER LTDA.	9556
14	INDUSTRIAS PARTMO S.A.	7831
15	ALMACENES VIVERO S.A.	3565
16	TINTORERIA INDUSTRIA	9174
17	CLINICA BUCARAMANGA S.A.	5304
18	COMFENALCO	9034
19	CLUB UNIÓN	3754
20	LAVASECO MR. CLEAN	2504
21	DISTRAVES S.A.	5559
22	LUCINDA DE HERNANDEZ	3137
23	INSTITUTO TÉCNICO NACIONAL DE COMERCIO	2138
24	CLINICA SAN LUIS	2853
25	MERCADOS FAMILIARES S.A. (MERCADEFAM)	4766
26	MERCADOS FAMILIARES S.A. (MERCADEFAM)	3703
27	HOTEL DANN CARLTON	9587
28	RANCHO CARCEL MODELO	5944
29	INSTITUTO DE SALUD DE BUCARAMANGA	4022
30	HOSPITAL SIQUIATRICO SAN CAMILO. (CASINO)	660
31	LUBRAX LTDA.	2166
32	FANTAXIAS SOCIEDAD LTDA.	4229
33	CARLOS A. MEJIA	2512
34	INDUPAN S.A.	2046
35	JULIO ANIBAL CHAPARRO	2631
36	PANADERIA LA SIRENA	3970
37	PANADERIA MODERNA	5919
38	ALMACENES ÉXITO S.A.	3505
39	PANADERIA TRILLOS	8173
40	MERCADOS FAMILIARES S.A. (MERCADEFAM)	1864
41	HOTEL LA TRIADA	3748
42	PANADERIA FONCEPAN	3174

TOTAL DE EMPRESAS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA QUE CONSUMEN GAS NATURAL DISTRIBUIDO POR GASORIENTE S.A.		
43	CLINICA SEGUROS SOCIALES. (COCINA)	1150
44	HOSPITAL UNIVERSITARIO DE SANTANDER. (COCINA)	1527
45	CONTRERAS Y AYALA LTDA.	2954
46	ICOPAN LTDA.	6661
47	ARROCERA LA GRANJA	1953
48	PANIFICADORA BAMBICOLONIAL	2756
49	AVIMOL S.A.	2019
50	INVERSIONES J.V. LTDA.	3368
51	PLADESAN	177
52	ASILO SAN RAFAEL	4115
53	FILTROS PARTMO S.A.	8025
54	ICOHARINAS LTDA.	10012
55	INDUSTRIA PRONALCI S.A.	1166
56	INDUSTRIA YESERA SANTANDEREANA LTDA.	6891
57	AVIDESA MAC POLLO S.A.	212155
58	SANTANDEREANA DE ACEITES S.A.	153700
59	PRECOCIDOS DEL ORIENTE LTDA.	57868
60	FRESKALECHE S.A.	48946
61	EMBOTELLADORAS DE SANTANDER (Coca-cola)	47565
62	ACEITES Y GRASAS DE SANTANDER	47498
63	INCUBADORA SANTANDER S.A.	29070
64	INCUBADORA ÁNDINA S.A.	26481
65	TRANSEJES S.A. (HORNOS)	25183
66	NUTRIMAX S.A.	21365
67	COAVICOLAS S.A. (Purina Colombiana)	20018
68	FRIGORIFICO METROPOLITANO LTDA.	19651
69	DISTRAVES S.A.	19390
70	PROCESADORA NACIONAL CIGARRERA	17616
71	FORJADOS S.A.	17226
72	ITALCOL S.A. (Carbone Rodriguez & CIA S.A.)	13569
73	FIBERGLASS COLOMBIANA S.A.	12898
74	ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL S.A.	9439
75	FIOTEC S.A.	431
76	FORCOL LTDA.	5776
77	AVICOLA EL GUAMITO	6541
78	EXTRUCOL S.A.	2
79	CARCEL DE MUJERES DE BUCARAMANGA	1474
80	ECOPETROL S.A.	2667
81	TERPEL BUCARAMANGA S.A.	2221
82	TEJIDOS SINTETICOS DE COLOMBIA (TESICOL)	525
83	INDUSTRIA WONDER LTDA.	17
84	INDUSTRIA WONDER LTDA.	3428



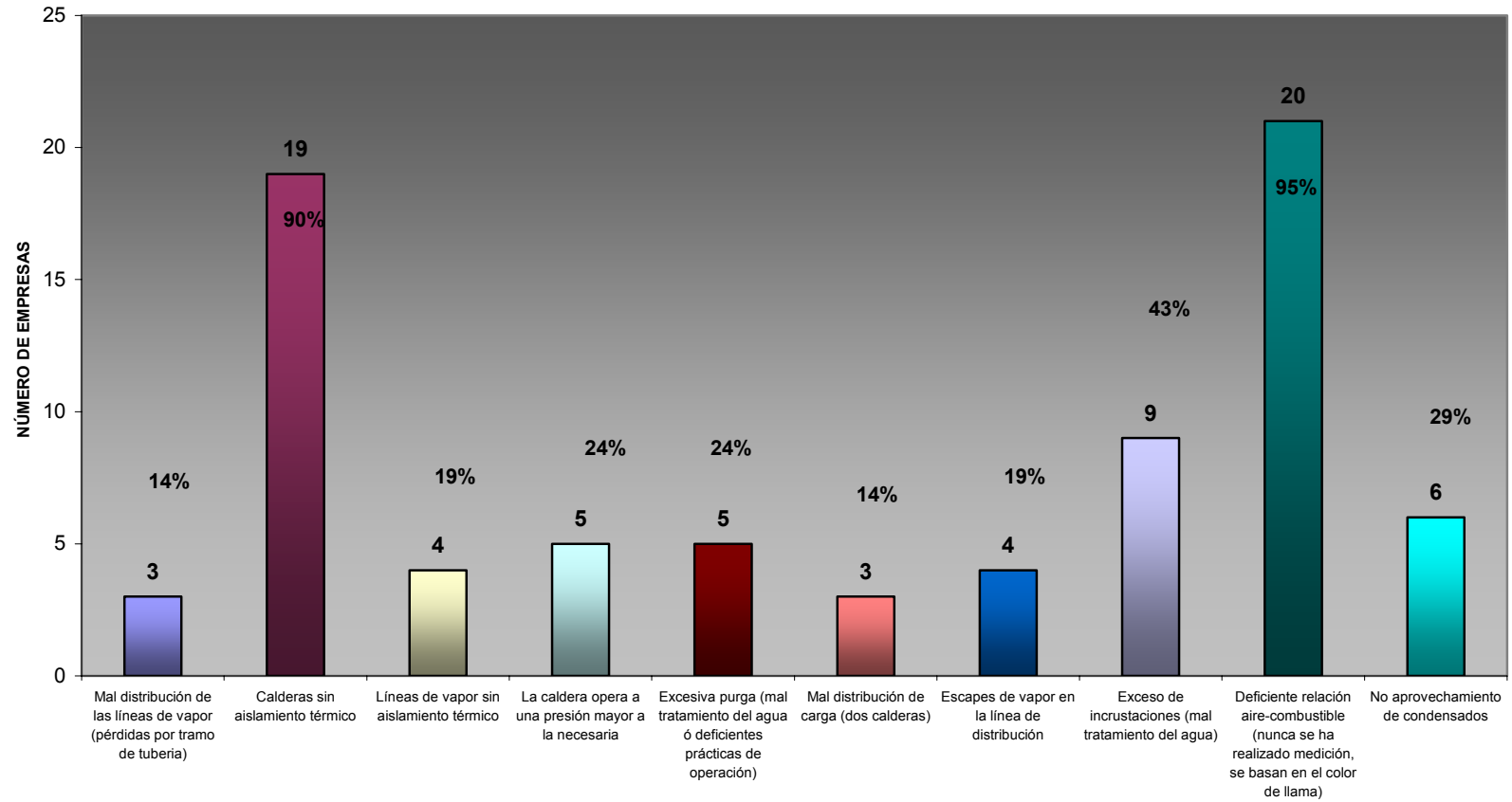
**ANEXO G**  
**TIPOS DE CALDERAS EN LA INDUSTRIA DEL ÁREA**  
**METROPOLITANA DE BUCARAMANGA**

<b>TIPO DE CALDERAS EN LA INDUSTRIA</b>				
<b>N°</b>	<b>EMPRESA</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>MARCA Y MODELO</b>	<b>POTENCIA (BHP)</b>
1	INCUBADORA DEL ORIENTE (PIMPOLLO)	CALDERA	DISTRAL 1991	150
2	GASEOSAS HIPINTO	CALDERA	DISTRAL 1984	200
3	SANTANDEREANA DE ACEITES (SACEITES)	CALDERA	DISTRAL 1985	200
4	INCUBADORA ANDINA (CAMPOLLO)	CALDERA	CONTINENTAL 2000	150
5	FRESKALECHE	CALDERAS	COMESA 1996	100
			CONTINENTAL 1994	50
6	ACEITAS Y GRASAS DE SANTANDER	CALDERA	OTTENSENGER EISENWERN	250
		CALDERA	POWER MASTER 1958	200
7	FIBERGLASS	CALDERIN	1980 MOD. 1998	
8	ICOHARINAS	CALDERA	CONTINENTAL 1993	60
9	EMBOTELLADORA DE SANTANDER (COCA-COLA)	CALDERA	POWER MASTER 1997	250
10	PASTAS GAVASSA	CALDERA	CONTINENTAL 1999	100
		CALDERA	DISTRAL 1992	100
11	AVIDESAS MAC. POLLO	CALDERA	CONTINENTAL 1995	190
		CALDERA	POWER MASTER 1995	200
12	HOSPITAL PSIQUIATRICO SAN CAMILO	CALDERA	FERROCALILER	60
		CALDERA	FERROCALILER	60
13	SALSAMENTARIA SANTANDER (SALSAN)	CALDERA	TECNIK 1998	20
		CALDERA	TECNIK 1999	40
		CALDERA	TECNIK 1993	20

<b>TIPO DE CALDERAS EN LA INDUSTRIA</b>				
<b>N°</b>	<b>EMPRESA</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>MARCA Y MODELO</b>	<b>POTENCIA (BHP)</b>
14	<b>DISTRAVES</b>	CALDERA	JCT	125
			1994	
15	<b>QUESOS SANTANDER (QUESANDER-RIKALAC)</b>	CALDERA	F. PROPIA	40
			1996	
		CALDERA	F. PROPIA	20
			1996	
16	<b>NUTRIMAX</b>	CALDERA	POWER MASTER	150
17	<b>PRETENSADOS DEL ORIENTE (PRETECOR)</b>	CALDERA	CONTINENTAL	60
			1996	
		CALDERA	CONTINENTAL	30
			1983	
18	<b>UNIDAD HOSPITALARIA LOS COMUNEROS</b>	CALDERA	CONTINENTAL	125
19	<b>ITALCOL</b>	CALDERA	POWER MASTER	150
			1992	
20	<b>BAVARIA</b>	CALDERA	DISTRAL	50000 lb/h
			2002	
		CALDERA	DISTRAL	33000 lb/h
			2002	
21	<b>PRECOCIDOS DEL ORIENTE</b>	CALDERA	DISTRAL	150
			1988	
		CALDERA	CONTINENTAL	200
			1968	

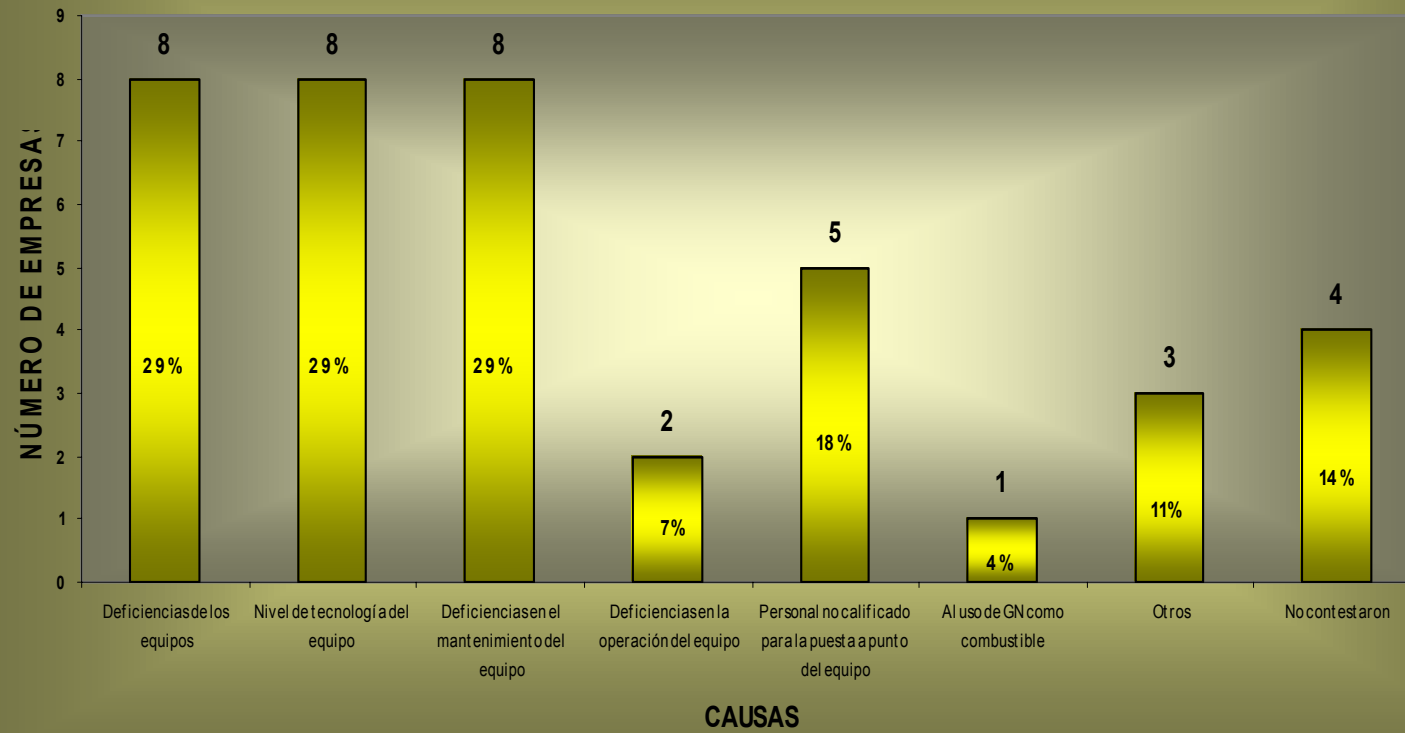
**ANEXO H**  
**DEFICIENCIAS ENERGÉTICAS PRESENTES EN LAS EMPRESAS DEL**  
**ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA**

## DEFICIENCIAS ENERGÉTICAS PRESENTES EN LAS EMPRESAS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA



### DEFICIENCIAS EN CALDERAS

## CAUSAS DE LOS PROBLEMAS DE LOS EQUIPOS



**ANEXO I**  
**PARÁMETROS PARA LA NECESIDAD Y ORGANIZACIÓN DEL**  
**MANTENIMIENTO**

<b>ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO</b>		
<b>NIVEL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>VALOR</b>	<b>CONCEPTO</b>
EXISTE ESTRUCTURA DE MANTENIMIENTO	10	MUY ALTO
EXISTE INGENIERO JEFE DE MANTENIMIENTO	8	ALTO
EXISTE JEFE DE MTTO (TECNOLOGO, TÉCNICO ESPECIALIZADO)	6	MEDIO
EXISTE JEFE DE MTTO (TÉCNICO, EXPERIENCIA)	4	BAJO
NO EXISTE JEFATURA DE MANTENIMIENTO INDEPENDIENTE	2	MUY BAJO

<b>NIVEL DE MANTENIMIENTO EMPRESARIAL</b>
EXISTE ESTRUCTURA DE MANTENIMIENTO: SE CUENTA CON UNA ESTRUCTURA DE MANDO CON PERSONAL ALTAMENTE CAPACITADO (INGENIEROS CON ESPECIALIZACIÓN EN MTTO), EXISTE UNA PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO
EXISTE INGENIERO JEFE DE MANTENIMIENTO: AUNQUE EXISTE UNA JEFATURA DE MANTENIMIENTO CON EL PERSONAL ADECUADO, EXISTEN FALENCIAS EN LA ESTRUCTURA INTERNA DE MANTENIMIENTO
EXISTE JEFE DE MTTO (TECNOLOGO, TÉCNICO ESPECIALIZADO): LA JEFATURA DE MANTENIMIENTO ES DE NIVEL TECNOLÓGICO, LO QUE LÍMITA EL DESARROLLO GERENCIAL DEL MANTENIMIENTO
EXISTE JEFE DE MTTO (TÉCNICO, EXPERIENCIA): LA JEFATURA DE MANTENIMIENTO ES DE NIVEL TÉCNICO, EL CUAL SE LÍMITA A REPARAR Y SEGUIR UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
NO EXISTE JEFATURA DE MANTENIMIENTO INDEPENDIENTE: EN ESTAS EMPRESAS NO EXISTE UN JEFE DE MANTENIMIENTO, EL MANTENIMIENTO LO LLEVA OTRA DEPENDENCIA DE LA EMPRESA.

<b>ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO</b>		
<b>DOCUMENTACIÓN</b>	<b>VALOR</b>	<b>CONCEPTO</b>
100%	10	MUY ALTO
75%	8	ALTO
50%	6	MEDIO
25%	4	BAJO
NINGUNA	2	MUY BAJO

<b>DOCUMENTACIÓN</b>
La documentación de la empresas debe incluir: fichas técnicas, hoja de vida, manuales y planos de los equipos (el total de los documentos representa el 100 %)

<b>NECESIDAD Y ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO</b>		
<b>TIPO DE MTTO</b>	<b>VALOR</b>	<b>CONCEPTO</b>
TPM	10	MUY ALTO
M. PREDICTIVO	8	ALTO
M. PREVENTIVO	6	MEDIO
M. CORRECTIVO	4	BAJO
NINGUNO	2	MUY BAJO

<b>NECESIDAD DE MANTENIMIENTO</b>		
<b>EDAD (años)</b>	<b>VALOR</b>	<b>CONCEPTO</b>
> 40	2	MUY ALTO
26 - 40	4	ALTO
16 - 25	6	MEDIO
6 - 15	8	BAJO
0 - 5	10	MUY BAJO

<b>NECESIDAD DE MANTENIMIENTO</b>		
<b>PROCEDENCIA</b>	<b>VALOR</b>	<b>CONCEPTO</b>
NACIONAL	8	ALTO
EXTRANJERO	6	MEDIO
FAB. PROPIA	4	BAJO

<b>NECESIDAD DE MANTENIMIENTO</b>		
<b>HORAS DE TRABAJO</b>	<b>VALOR</b>	<b>CONCEPTO</b>
> 150	2	MUY ALTO
120 - 150	4	ALTO
90 - 119	6	MEDIO
60 - 89	8	BAJO
< 60	10	MUY BAJO

**ANEXO J**  
**NIVEL TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA DEL ÁREA**  
**METROPOLITANA DE BUCARAMANGA**

## PARÁMETROS PARA NIVEL DE TECNOLOGÍA

Nº	<b>TABLA 1</b>		
	VALORIZACIÓN POR IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL AUTOMÁTICO AL EQUIPO		
	DESCRIPCIÓN DEL CONTROL	VALOR	CONCEPTO
1	Proceso controlado más del 80 % y asistido por computador	10	MUY ALTO
2	Proceso controlado parcialmente, PLC para control de parámetros	8	ALTO
3	Proceso controlado parcialmente, lógica cableada para control de parámetros	6	MEDIO
4	Proceso controlado mecánicamente	4	BAJO
5	Proceso controlado manualmente	2	MUY BAJO

<b>PARAMETROS TABLA 1</b>	
1	EQUIPO CONTROLADO MÁS DEL 80 %, TECNOLOGÍA PLC ASISTIDO POR COMPUTADOR
2	EQUIPO PARCIALMENTE CONTROLADO, CON CONTROLADOR PLC Y LÓGICA CABLEADA SE CONTROLAN ALGUNOS PARAMETROS, LOS OTROS PARAMETROS SE CONTROLAN MECANICAMENTE Y MANUALMENTE
3	EQUIPO PARCIALMENTE CONTROLADO, CON CONTROLADOR DE LÓGICA CABLEADA SE CONTROLAN ALGUNOS PARAMETROS, LOS OTROS PARAMETROS SE CONTROLAN MECANICAMENTE Y MANUALMENTE
4	EQUIPO CONTROLADO MECÁNICA Y MANUALMENTE CON MEDIDORES ELECTRÓNICOS O MECÁNICOS PARA CONTROL DE PARAMETROS
5	EQUIPO CONTROLADO MANUALMENTE

## PARÁMETROS PARA NIVEL DE TECNOLOGÍA

<b>TABLA 2</b>			
Nº	VALORIZACIÓN SEGÚN EDAD DEL EQUIPO		
	EDAD (AÑOS)	VALOR	CONCEPTO
1	0 < EDAD <= 1	10	MUY ALTA
2	1 < EDAD <= 5	8	ALTA
3	5 < EDAD <= 10	6	MEDIA
4	10 < EDAD <= 20	4	BAJA
5	> 20	2	MUY BAJA

<b>TABLA 3</b>			
Nº	VALORIZACIÓN POR PARAMETROS CONTROLADOS		
	DESCRIPCIÓN	VALOR	CONCEPTO
1	más del 80 % de los parámetros controlados	8	MUY ALTA
2	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	6	ALTA
3	PRESIÓN, TEMPERATURA	4	MEDIA
4	NINGUN CONTROL	2	MUY BAJA

Parámetros: temperaturas (chimenea, trabajo, agua de alimentación), presión (trabajo, GN), nivel de agua, Flujo de (combustible, aire, agua), purgas.

<b>TABLA 4</b>	
VALORIZACIÓN TOTAL	
VALOR	CONCEPTO
27 Y 28	MUY ALTA
22 a 26	ALTA
16 a 20	MEDIA
10 a 14	BAJA
6 a 8	MUY BAJA

**INDICADOR TECNOLÓGICO**

Nº	EMPRESA	EQUIPO	MARCA Y MODELO	EDAD (Años)	TABLA 1		NIVEL DE AUTOMATIZACIÓN DEL EQUIPO	TABLA 2		PARAMETROS QUE SE CONTROLAN	TABLA 3		SUMA TOTAL VALORES	CONCEPTO GENERAL
					VALOR	CONCEPTO		VALOR	CONCEPTO		VALOR	CONCEPTO		
1	INCUBADORA DEL ORIENTE (PIMPOLLO)	CALDERA	DISTRAL	14	4	BAJA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	14	BAJO
			1991											
2	SOLLA	CALDERA	JCT	3	8	ALTA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (4)	8	ALTO	P, T (trabajo, chimenea), NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	6	MEDIO	22	ALTO
			2002											
3	GASEOSAS HIPINTO	CALDERA	DISTRAL	21	2	MUY BAJA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	12	BAJO
			1984											
4	SANTANDEREANA DE ACEITES (SACEITES)	CALDERA	DISTRAL	20	4	BAJA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	14	BAJO
			1985											
5	FORJADOS DE COLOMBIA (FORCOL - TRANSEJES)	HORNOS	SMITH	45	2	MUY BAJA	PROCESO MANUAL	2	MUY BAJO	TEMPERATURA	4	BAJO	8	MUY BAJO
			1960											
			APPLE	41	2	MUY BAJA	PROCESO MANUAL	2	MUY BAJO	TEMPERATURA	4	BAJO	8	MUY BAJO
			1964											
6	INCUBADORA ANDINA (CAMPOLLO)	CALDERA	CONTINENTAL	5	8	ALTA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	18	MEDIO
			2000											
7	ACEITAS Y GRASAS DE SANTANDER	CALDERA	OTTENSENGER	50	2	MUY BAJA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	12	BAJO
			EISENWERN											
		CALDERA	POWER MASTER	47	2	MUY BAJA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	12	BAJO
			1958											
8	FIBERGLASS	CALDERA	1980	7	6	MEDIA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	16	MEDIO
			MOD. 1998											
9	ICOHARINAS	CALDERA	CONTINENTAL	12	4	BAJA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	14	BAJO
			1993											

INDICADOR TECNOLÓGICO														
Nº	EMPRESA	EQUIPO	MARCA Y MODELO	EDAD (Años)	TABLA 1		NIVEL DE AUTOMATIZACIÓN DEL EQUIPO	TABLA 2		PARAMETROS QUE SE CONTROLAN	TABLA 3		SUMA TOTAL VALORES	CONCEPTO GENERAL
					VALOR	CONCEPTO		VALOR	CONCEPTO		VALOR	CONCEPTO		
11	ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL DE SANTANDER (OISA)	2 QUEMADOR	PREMIER 2003	2	8	ALTA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	18	MEDIO
13	ARROCERA SAN CRISTOBAL	SECADOR	INDUMETALES 2005	1	10	MUY ALTA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	TEMPERATURA	4	BAJO	20	MEDIO
14	PASTAS GAVASSA	CALDERA	CONTINENTAL 1999	6	6	MEDIA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	16	MEDIO
			DISTRAL 1992	13	4	BAJA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	14	BAJO
15	AVIDESA MAC. POLLO	CALDERA	CONTINENTAL 1995	10	6	MEDIA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	16	MEDIO
			POWER MASTER 1995	10	6	MEDIA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	16	MEDIO
17	COMFENALCO	AIRE ACONDICION	CHILLER 2000	5	8	ALTA	P. TOTALMENTE AUTOMATIZADO (1)	10	MUYALTO	ENCENDIDO, APAGADO DE EQUIPO	8	ALTO	26	ALTO
18	SALSAMENTARIA SANTANDER (SALSAN)	CALDERA	TECNIK 1998	7	6	MEDIA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	16	MEDIO
			TECNIK 1999	6	6	MEDIA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	16	MEDIO
		CALDERA	TECNIK 1993	12	4	BAJA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	14	BAJO

### INDICADOR TECNOLÓGICO

Nº	EMPRESA	EQUIPO	MARCA Y MODELO	EDAD (Años)	TABLA 1		NIVEL DE AUTOMATIZACIÓN DEL EQUIPO	TABLA 2		PARAMETROS QUE SE CONTROLAN	TABLA 3		SUMA TOTAL VALORES	CONCEPTO GENERAL
					VALOR	CONCEPTO		VALOR	CONCEPTO		VALOR	CONCEPTO		
19	DISTRAVES	CALDERA	JCT	11	4	BAJA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	14	BAJO
			1994											
20	QUESOS SANTANDER (QUESANDER-RIKALAC)	CALDERA	1996	9	6	MEDIA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	16	MEDIO
		CALDERA	1996	9	6	MEDIA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	16	MEDIO
21	NUTRIMAX	CALDERA	POWER MASTER		2	MUY MAJA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	12	BAJO
22	PRETENSADOS DEL ORIENTE (PRETECOR)	CALDERA	CONTINENTAL	9	6	MEDIA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	16	MEDIO
			1996											
24	UNIDAD HOSPITALARIA LOS COMUNEROS	CALDERA	CONTINENTAL	22	2	MUY BAJA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	12	BAJO
26	BAVARIA	CALDERA		3	8	ALTA	P. TOTALMENTE AUTOMATIZADO (1)	10	ALTO	P, T, NIVEL DE AGUA, PURGAS, T AGUA, GAS, VARIADOR DE VEL A/F	10	MUY ALTO	28	MUY ALTO
			2002											
27	PRECOCIDOS DEL ORIENTE	CALDERA	DISTRAL	17	4	BAJA	PARCIALMENTE AUTOMATIZADO (3)	6	MEDIO	P, T, NIVEL DE AGUA, DAMPER MECÁNICO	4	BAJO	14	BAJO
			1988											
29	FORJADOS	HORNO		20	4	BAJA	PROCESO MANUAL	2	MUY BAJA	TEMPERATURA	4	BAJO	10	BAJO