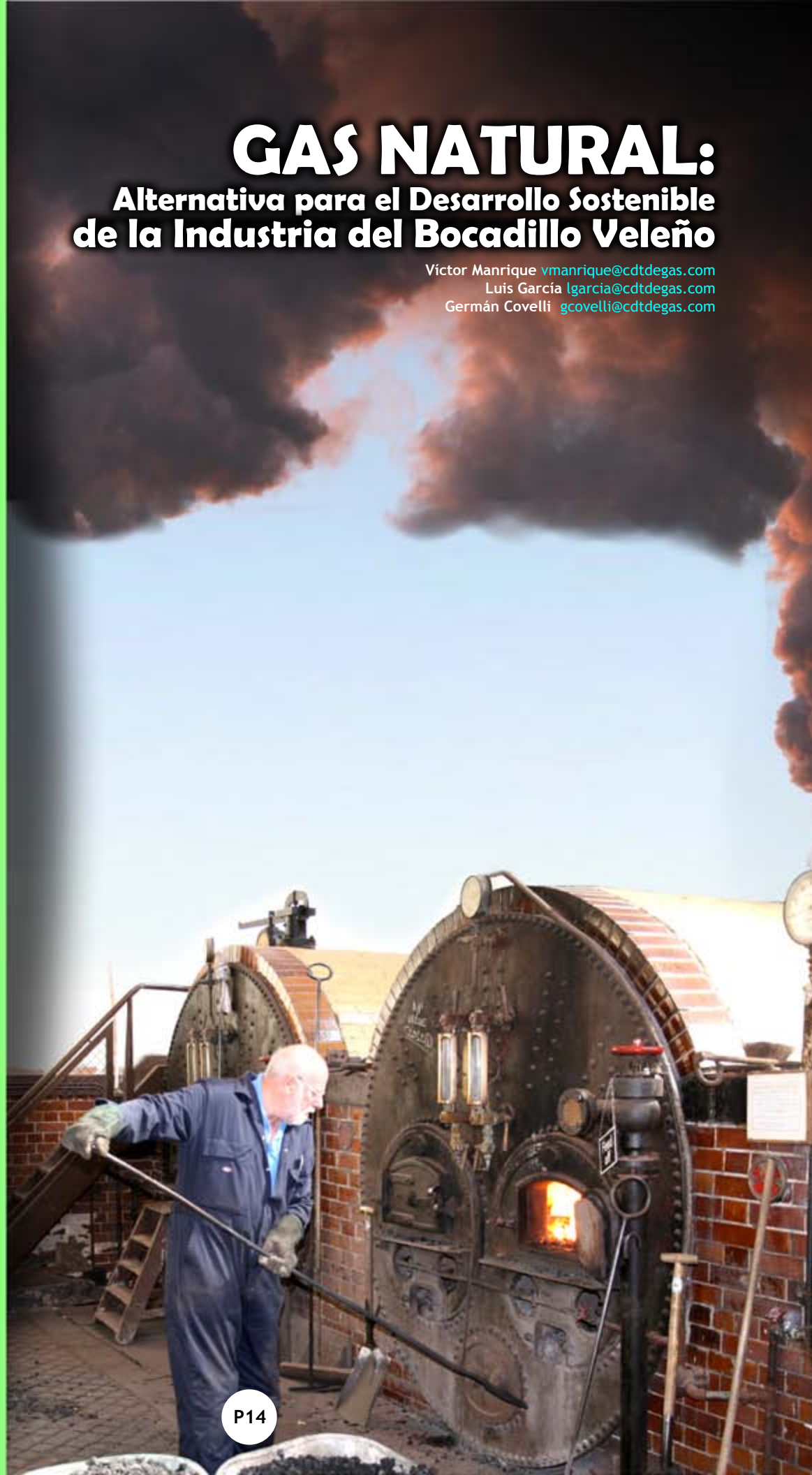


GAS NATURAL:

Alternativa para el Desarrollo Sostenible de la Industria del Bocado Veleño

Víctor Manrique vmanrique@cdtdegas.com
Luis García lgarcia@cdtdegas.com
Germán Covelli gcovelli@cdtdegas.com



Todas las teorías son legítimas y ninguna tiene importancia. Lo que importa es lo que se hace con ellas. Jorge Luis Borges (1899-1986) Escritor argentino

Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico, orientados a producir bienes y servicios de utilidad económica, social, y política.

En esta sección, cada semestre, expertos nacionales y/o extranjeros, ofrecerán artículos técnicos que buscan sensibilizar a nuestros lectores, acercándolos con conocimiento, a la aplicación de la metrología en las diferentes actividades de nuestra sociedad.

P14

1. INTRODUCCIÓN. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

La *Producción más Limpia* es una estrategia ambiental preventiva, que aplicada de manera continua e integral posibilita el desarrollo económico sectorial sin agotar la base de recursos naturales, y sin afectar el medio ambiente. [1] Esta es la visión del *Desarrollo Sostenible* adoptada en el país con la Constitución de 1991 y se ha alineado con consensos internacionales más amplios de preocupación por el medio ambiente y el calentamiento global, como el Protocolo de Montreal, y el Protocolo de Kioto entre otros.

Bajo los lineamientos de *Desarrollo Sostenible*, desde el año 2001 se declaró la Política Nacional de Uso Racional de la *Energía -URE* [2] como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional. A pesar de los avances que se han dado, todavía existen importantes oportunidades de optimización energética en las cadenas de combustión y frío, especialmente en la pequeña y mediana industria.

Con el apoyo de COLCIENCIAS/SENA, y considerando que dentro de su Misión, la Corporación busca contribuir con el bienestar social, el incremento de la competitividad en los sectores productivos y la preservación del medio ambiente, el Centro de Desarrollo Tecnológico de Gas -CDT de GAS- se trazó el objetivo de impactar en los procesos productivos de la región, apoyándose en la Aplicación de la Metrología para proyectar y desarrollar soluciones de Reconversión Tecnológica en procesos de consumo energético intensivo.

En ese sentido, después de realizar un “*Estudio de Caracterización de las Necesidades Regionales*”

en materia de energía y fluidos”[3], se identificó que la cadena productiva del bocado Veleño es de gran importancia socio-económica para la región, pero tiene dificultades en el manejo eficiente de la energía, por las barreras socioculturales, técnicas y económicas que dificultan la apropiación de nuevas tecnologías.

2. PROCESO PRODUCTIVO DEL BOCADILLO VELEÑO EN SANTANDER.

El bocado *Veleño* es una pasta dulce a base de guayaba. Anualmente, en las regiones de Vélez y Ricaurte se produce entre 24.000 y 35.000 toneladas de bocado de guayaba, con un volumen anual de negocios de alrededor de USD24'000.000[4]. El proceso de fabricación básicamente consiste en la cocción de la pulpa con azúcar, hasta alcanzar su textura y consistencia característica. Previamente la fruta se escalfa (inmersión rápida en agua hirviendo) para eliminar microorganismos patógenos y ablandarla, y luego se despulpa para separar las semillas y la corteza. (Ver Fig. No. 1)

Después de que se alcanza el “*punto*” de cocción, el bocado se vierte en moldes para que se enfríe, y luego se corta en sus diferentes presentaciones. Por lo general, se combinan diferentes variedades de guayaba, con dulce de otras frutas (mora, fresa, etc.) y *arequipe*. Tradicionalmente, el empaque individual se hace en hojas secas de *bijao*, y en cajitas de madera (Ver Fig. No. 2). [5]

La cocción se realiza en *marmitas de vapor directo* con calderas a carbón, como se observa en la Fig. No. 3. En la región se ha masificado el uso de carbón y leña por su abundancia y



Figura 1. Proceso de Fabricación de Bocado Veleño

P15

precios relativamente bajos, cuando se compara respecto a otros combustibles como el gas natural. De acuerdo a lo que se evidenció en sitio, estas calderas se re-construyen empíricamente, o se adaptan y reutilizan a partir de calderas obsoletas de otras industrias y en algunos casos se tornan inseguras, sobre-dimensionadas, e ineficientes. Esto implica bajos índices de producción [kg-producto/kg-combustible], y altos riesgos laborales (explosión, incendio) y de salud ocupacional como enfermedades respiratorias y quemaduras para las personas que viven y trabajan en las fábricas de bocadillo, como lo ha reseñado CORPOICA en sus estudios[6].

Si bien el carbón es un importante recurso energético, es común que en la región se quemara en condiciones que no aseguran la mejor eficiencia en su combustión, y sin medidas de Final de Tubo¹ que controlen la contaminación. A pesar de que actualmente se está reemplazando el carbón por biomasa (leña), que incluso es gratis, no representa la mejor solución pues sin planes de explotación sostenible se generan graves problemas de deforestación. Por otra parte, aunque en la Región de Vélez existe suministro de gas natural domiciliario, las relativas altas tarifas y la baja cobertura han llevado a que la penetración del gas natural en la Industria del Bocadillo sea prácticamente nula.

3. MARMITA AUTOGENERADORA DE VAPOR A GAS NATURAL.

Ante esta situación, la Corporación “CDT de GAS” asumió el desafío de desarrollar una alternativa tecnológica que permitiera, bajo el análisis costo/beneficio, el reemplazo de las calderas a carbón y leña en la Industria del Bocadillo. Se partió de la premisa, de que la necesidad real es la cocción a temperatura controlada, y no la



Figura 2. Presentación tradicional del Bocadillo Veleño

¹ Medidas para el control de las emisiones que se generan inevitablemente, o que no se pueden eliminar desde el proceso productivo. Estas medidas se aplican directamente a la chimenea, e incluyen sistemas de monitoreo, filtros, unidades de tratamiento de las emisiones, entre otras.



Figura 3. Marmitas de Vapor directo, con Calderas a Carbón.

generación de vapor, (ya que el vapor no se utiliza en ningún otro proceso de la producción de bocadillo), y por lo tanto se enfocó el problema hacia el equipo de cocción a vapor (y no hacia la caldera). Después de generar un estudio de Estado del Arte se encontró que dentro de las Mejores Tecnologías Disponibles para la cocción con vapor indirecto, las marmitas autogeneradoras de vapor son una solución viable para esta industria.

Estas marmitas generan su propio vapor, es decir, no requieren suministro desde una caldera externa (Ver Fig. No. 4). Los gases de combustión calientan directamente por Radiación y Convección un recipiente hermético que contiene agua, y luego el vapor generado se condensa en la pared del recipiente que contiene los alimentos. Así, el calor se transfiere uniformemente, y la temperatura es controlada por la presión de saturación del sistema agua + vapor húmedo.

El estudio del Estado del Arte permitió conocer que, aunque en el país existe una creciente industria de fabricación de equipos industriales para cocción, y que existen algunos desarrollos independientes de marmitas eléctricas entre empresas y universidades[7], aún no se conciben estrategias sectoriales en donde la Ciencia, la Tecnología y la Innovación se hagan presentes. En este sentido, no se evidenció que para el diseño, fabricación y validación de las características de los equipos, se aplique la totalidad de requisitos técnicos de desempeño y seguridad, (salvo casos aislados) evidenciándose, como resultado, bajas eficiencias y muy poca integración con el proceso productivo. Inclusive se observó, que muy seguramente por sus altos costos, generalmente las marmitas se construyen en talleres empíricos de metalmecánica. Por otra parte, las marmitas autogeneradoras de fabricantes internacionales son muy costosas por los altos niveles de tecno-



Figura 4. Producción descentralizada con Marmitas a Gas Natural

logía empleados, y por esa razón resultan inaccesibles para la mayoría de PyMEs bocadilleras.

Considerando las anteriores premisas, la Marmita Autogeneradora de Vapor (Ver Fig. No. 5). fue diseñada por el CDT de GAS, de acuerdo a los Requerimientos de Desempeño de la Norma ASTM-F1602, teniendo en cuenta la normatividad técnica para recipientes a presión y generadores de vapor, (ASME BPVC -Código de Calderas y Recipientes a Presión) e incluyendo los elementos de control y de seguridad de los gasodomésticos comerciales, de acuerdo a las Normas Técnicas Colombianas aplicables.

El desarrollo de la Marmita incorporó la experiencia y conocimiento de los profesionales de la Corporación CDT de GAS que hacen parte del Área de Energía (Tecnologías de combustión de Gas Natural), apoyados por el “Grupo de Investigación en Metrología de Fluidos” (con el acompañamiento de docentes de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, vía Proyecto de Grado[8]), para obtener un equipo eficiente y a la medida del proceso productivo del bocadillo.

Se pretende entonces, que mediante la promoción de la utilización masiva de Marmitas Autogeneradoras de Vapor se provea una Tecnología Socialmente Apropiable, considerando que la reconversión a gas natural contribuirá al Desarrollo Sostenible de la industria bocadillera, con mejores condiciones de seguridad laboral y salud ocupacional para sus trabajadores.

3.1 Ventajas para el Proceso Productivo con marmitas a gas.

La operación con marmitas a gas descentraliza y flexibiliza la producción, pues solo se encienden las marmitas que sean estrictamente necesarias para la producción requerida, especialmente en las temporadas en que no hay cosecha, y la disponibilidad de materia prima es mínima. De

esta manera no es necesario encender y operar, todo el tiempo, con una caldera central, sobredimensionada e ineficiente. Esta estrategia de producción se basa en el modelo de Generación Descentralizada [9], que propone, por otra parte, que la generación de energía (vapor, en este caso) debería estar tan cerca como sea posible del punto de uso final, para eliminar las pérdidas por distribución. En el caso de una marmita a gas, el equipo de generación y el de uso final son uno solo.

Además, con marmitas a gas se logra una adecuada gestión de la presión[10] teniendo en cuenta que cuando se opera un sistema de vapor de alta presión (como una Caldera) para suplir pérdidas por distribución, fugas, condensación, etc. se demandan consumos más altos de energía[11], y equipos más robustos. En su lugar, las marmitas autogeneradoras operan de forma intrínsecamente segura con la presión mínima y suficiente para un proceso de cocción a temperatura moderada.

3.2 Eficiencia energética de la Marmita, según ASTM-F1785

La eficiencia energética de la marmita es un indicador de la energía que se aprovecha en relación a la energía que se consume. Es un parámetro determinante, pues permite proyectar los consumos de energía en base a los requerimientos del proceso, así como evaluar los potenciales de reducción del consumo por cambio de tecnología[12].



Figura 5. Marmita auto-generadora de vapor diseñada por el CDT de GAS

Para marmitas autogeneradoras de vapor, la eficiencia se evalúa de acuerdo con la norma ASTM F1785. El método que plantea esta norma para evaluar la eficiencia es un método directo, y no permite evaluar ni conocer las diferentes pérdidas de energía, pues únicamente se necesita conocer la salida útil, sobre la entrada neta de energía (gas consumido).

La salida útil es la energía efectiva que llega al producto, en forma de Calor Sensible, es decir, la energía que se necesita para aumentar la temperatura del producto. Por otra parte, la entrada neta es la energía total que ingresa a la marmita en forma de Energía Química almacenada en el gas natural, y que posteriormente se libera como Energía Térmica tras la combustión².

$$\eta = \frac{\text{Energía aprovechada}}{\text{Energía consumida}} = \frac{\text{Calor sensible del producto}}{\text{Energía química del combustible}}$$

3.3 Metrología Aplicada a la Evaluación de su Desempeño Energético (Caracterización)

Considerando las bondades de la aplicación de la metrología, para la Marmita Autogeneradora desarrollada se determinó, con un 95% de confiabilidad, una eficiencia de calentamiento del $[53,57 \pm 1,78]$ % de acuerdo al Procedimiento ASTM-F1785 y con mediciones aseguradas metrologicamente dentro del esquema de Gestión de Calidad ISO-17025:2005, Requisitos Generales para la Competencia de Laboratorios de Calibración y Ensayos³.

Con el conocimiento de la incertidumbre asociada a la eficiencia, se proyectan de mejor forma los costos de operación, y de esta manera, se disminuye el riesgo asociado a la toma de decisiones para inversión en proyectos de cambio de tecnología.

Por otro lado, la determinación metrologicamente confiable de la eficiencia, facilita la comparación contra estándares internacionales (benchmarking), y permite la evaluación de la

² La energía útil en forma de Calor Sensible se mide como el aumento de temperatura de una masa conocida de agua. La energía consumida se mide como el producto del volumen consumido de gas natural, por su correspondiente Poder Calorífico.

³ Certificado 10-LAB-013 Organismo Nacional de Acreditación de Colombia ONAC.

⁴ A la fecha está pendiente de aprobación por parte del Ministerio de Minas, y del Ministerio de Comercio.

⁵ La eficiencia térmica es un indicador de la energía aprovechada efectivamente para la generación de vapor, y de la energía que se pierde en los gases de combustión que escapan por la chimenea. No tiene en cuenta las pérdidas por convección y radiación.

⁶ Las marmitas eléctricas tienen eficiencias muy altas, pues siempre es más fácil convertir energía eléctrica en Calor, que en cualquier otra forma de trabajo útil

conformidad con las Normas actuales, y a futuro con el Reglamento Técnico de Eficiencia Energética⁴ para etiquetado con fines comerciales. Este parámetro de comparación es muy importante, dado que los empresarios deben considerar el desempeño energético de sus equipos como un parámetro de selección, ya que les permite reducir los costos de operación asociados a la energía y así amortizar mejor su inversión inicial en cambio de tecnología.

En términos del análisis de los resultados, el nivel de eficiencia obtenido se constituyó en un éxito para este tipo de marmitas, en relación a su capacidad (80litros) al ser comparado contra el estudio de Benchmarking presentado en el Informe Appliance Technology Assessment -Steam Kettles del Food Service Technology Center[13], pues las eficiencias típicas están del orden de 39% para marmitas de 37,8litros (10gal) hasta 54% para 151,4litros (40gal). (Ver Fig. No. 6) Por su parte, se determinó igualmente una eficiencia térmica⁵ promedio de $[80,97 \pm 0,07]$ %, representado en muy bajas emisiones de CO (107±4ppm) y una baja temperatura de los gases de salida $[160,78 \pm 0,82]$ °C.

4. PERSPECTIVAS Y OPORTUNIDADES PARA LA RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA A GAS.

Los principales estímulos que pueden tener las empresas para adoptar estrategias de producción más limpia están relacionadas básicamente con el cumplimiento de la normatividad, el aumento de la productividad, las exigencias del mercado, las políticas estatales, diversos factores macroeconómicos externos y otros, como por ejemplo, la ética ambiental y la responsabilidad social empresarial. [12]

La primera motivación para la reconversión tecnológica es el cumplimiento de la normatividad legal ambiental y de seguridad ocupacional. En ese sentido, las calderas a carbón de la región están muy por debajo de cumplir los estándares de desempeño energético, así como de normatividad ambiental (Resolución 909 de 2008), y de

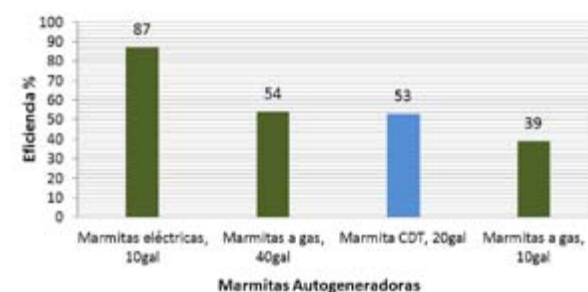


Figura 6. Comparación de Niveles de Eficiencia entre Marmitas Autogeneradoras⁶.

seguridad laboral (Reglamento Técnico de Calderas⁷).

Una segunda motivación está relacionada con las exigencias de mercado. Actualmente los consumidores han cambiado sus hábitos de consumo, añadiendo la conciencia ecológica a sus demandas de calidad. Una estrategia de producción más limpia brinda a las Asociaciones de Bocardilleros, como ASOVELEÑOS, la oportunidad de obtener Certificados Verdes para sus productos, y de esta manera se amplían sus opciones comerciales a nuevos mercados internacionales.

A pesar de las bondades de un proceso de reconversión tecnológica, los mecanismos de mercado, por sí mismos, no son suficientes para impulsar este proceso. Frente a esto, es vital la articulación institucional que permita la formulación general de un Programa de Reconversión a Tecnologías Limpias -PRTL alineado con las estrategias existentes de apoyo al sector, como la Mesa gestora de la Cadena productiva Regional de la Guayaba y su industria, y las iniciativas de cooperación internacional para mitigación de cambio climático, bajo los esquemas de Mecanismos de Desarrollo Limpio.

5. CONCLUSIÓN

La metrología como ciencia transversal a todas las ciencias y técnicas, es una herramienta muy útil para la adecuada caracterización energética de los equipos de consumo de gas natural (y en general de cualquier otro combustible), pues permite determinar y validar confiablemente su desempeño. En este sentido, para la Corporación es un reto extender la Metrología Aplicada hacia la proyección de soluciones de eficiencia energética para la Pequeña y Mediana Industria, como una forma de contribuir hacia el Desarrollo Sostenible en la región.

Las marmitas autogeneradoras de vapor a Gas Natural, son una alternativa viable para la Industria del Bocardillo Veleño, y en general para las industrias tradicionales de dulces semielaborados de fruta y leche, que son muy típicas en nuestro país. Sin embargo, todavía existen numerosas barreras institucionales, económicas, técnicas e incluso socioculturales que dificultan un proceso de reconversión tecnológica para una industria empírica y tradicional como la del bocardillo Veleño.

Por esta razón, es necesario un apoyo institucional articulado entre las entidades investigativas,

⁷ Pendiente de aprobación por parte del Ministerio de Minas y Energía, y el Ministerio de Protección Social.

ambientales y empresas privadas del sector Gas Natural para continuar con la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico orientado a generar soluciones eficientes para la promoción del gas natural.

Agradecimientos.

Agradecimientos especiales a los Profesionales del área de “Metrología de Fluidos” de la Corporación “CDT de GAS”, al Centro de Desarrollo Productivo de Alimentos -CDPA, adscritos a la Universidad Industrial de Santander UIS, al Centro de Investigación para el Mejoramiento Productivo de la Panela -CIMPA de CORPOICA, y a la Fábrica de Bocardillo “La Veleñita”, de la asociación ASOVELEÑOS por su vital apoyo y colaboración para el desarrollo de la marmita autogeneradora.

REFERENCIAS

- [1] F. BALKAU y J.W. SHEIJGROND, Producción más Limpia. Un paquete de recursos de capacitación., México: PNUMA, 1999.
- [2] República de Colombia, Ley 697 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., 2001.
- [3] J.C. GOMEZ, Análisis de Necesidades Regionales en materia de Fluidos y Energía, Bucaramanga, Santander: COLCIENCIAS/CDT de GAS, 2008.
- [4] Acuerdo Regional de Competitividad. Cadena Productiva de la Guayaba y su Industria. Boyacá y Santander, Barbosa, Santander. Colombia: 2007.
- [5] L.E. PRADA, Producción de Bocardillo Veleño, Barbosa, Santander. Colombia: CORPOICA, 2004.
- [6] G.R. RODRIGUEZ BORRAY, Estudio del Sistema agroalimentario Localizado SIAL, de la concentración de fábricas de bocardillo de guayaba en las Provincias de Vélez y Ricaurte en Colombia, CORPOICA, 2005.
- [7] «Agencia de Noticias EAFIT», Un prototipo muy eficiente para la preparación de alimentos., 2009
- [8] V. MANRIQUE, L. GARCÍA, y J. CHACÓN, «Diseño y Construcción de una Marmita Autogeneradora de Vapor, como alternativa para la Reconversión Tecnológica de la Industria del Bocardillo en Vélez, Santander», Proyecto de Grado, UIS- Ingeniería Mecánica, 2011.
- [9] K. ALANNER y A. SAARI, «Distributed energy generation and sustainable development», Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 10, 2006, págs. 539-558.
- [10] B. CAPEHART, «Steam Distribution Systems», Guide to energy management, Lilburn GA: Fairmont Press; CRC Press, 2008.
- [11] Steam Pressure Reduction: Opportunities and Issues, Washington: U.S. Department of Energy. EERE, 2005.
- [12] C.A. ARANGO, Producción más Limpia. Conceptos sobre Motivaciones y Obstáculos para su implementación en Colombia, Medellín: Centro Nacional de Producción más Limpia, CNPML, 2000.
- [13] D. FISHER, Commercial Cooking Appliance Technology Assessment, EEUU: Food Service Technology Assessment FSTC, 2002.