



Libertad y Orden

**Ministerio de Ambiente  
y Desarrollo Sostenible**

República de Colombia

# República de Colombia

## **EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS Y PLANES DE ACCIÓN TECNOLÓGICA PARA MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**

Abril de 2013

Apoyado por:



**MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**JUAN GABRIEL URIBE VEGALARA**

*Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible*

**ADRIANA SOTO CARREÑO**

*Viceministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible*

**RODRIGO SUAREZ CASTAÑO**

*Director de Cambio Climático*

**DIANA CAROLINA BARBA**

*Coordinadora Nacional del proyecto de la Evaluación de Necesidades Tecnológicas para Cambio Climático*

**EQUIPO COLABORADOR**

**Andrea Guerrero García, Jose Manuel Sandoval**

**Santiago Arango Aramburo**

*Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellin*

**EQUIPO CONSULTOR – GRUPO GASURE - FACULTAD DE INGENIERÍA -  
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**ANDRÉS AMELL ARRIETA**

*Director investigador*

**Yonatan Cadavid Sánchez, Lina María Rubio Gaviria, Juan Camilo Lezcano Benítez**

*Co Investigadores*

**Camilo Echeverri Uribe, Layrisser Iral Galeano**

*Auxiliares de Investigación*

Este documento es el resultado del proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas, financiado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (FMAM) e implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Centro PNUMA Risoe (URC) en colaboración con los Centros Regionales de Fundación Bariloche y Libélula Comunicación Ambiente y Desarrollo, en beneficio de los países participantes. El presente informe es el resultado de un proceso totalmente dirigido por el país, por lo que tanto las opiniones y la información contenida en el mismo son un producto del equipo nacional TNA, dirigido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

## **PREFACIO**

El proyecto mundial de Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA por sus siglas en inglés) busca definir las tecnologías limpias más apropiadas para adaptación y mitigación al cambio climático, y desarrollar Planes de Acción Tecnológicos (TAP por sus siglas en inglés) que faciliten la difusión de las tecnologías dentro de cada país participante. El proyecto es financiado por el Programa Global de Ayudas Ambientales – GEF, e implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – UNEP, a través del consultor internacional UNEP Risoe Centre.

El programa se ha desarrollado en diferentes rondas. En la primera ronda, iniciada en el 2009, participaron países como Kenia, Senegal, Costa de Marfil, Marruecos, Mali, Bangladesh, Tailandia, Vietnam, Indonesia, Cambodia, Georgia, Por parte de Centro y Sur América participaron Argentina, Costa Rica, Perú y Guatemala. Gracias a la Experiencia adquirida, la Fundación Libélula asesoró el desarrollo de la segunda ronda, iniciada en 2011, en su componente de adaptación; por su parte, la fundación argentina Bariloche apoyó el proyecto en su componente de mitigación.

Colombia hace parte de los países participantes en la segunda ronda del proyecto. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, es la entidad encargada de la coordinación del proyecto dentro del país, quienes contactaron para su desarrollo al grupo de investigación GASURE de la Universidad Nacional de Antioquia, para el componente de mitigación. El grupo se encuentra avalado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS.

El desarrollo de este proyecto se complementó además con un estudio de análisis de paquetes tecnológicos de los sectores seleccionados realizado por la Corporación Ambiental Empresarial de la Cámara de Comercio de Bogotá – CAEM el cual permitió entender la importancia de complementar las tecnologías estándar con tecnologías periféricas que pueden mejorar ampliamente su desempeño.<sup>1</sup>

Este documento es una recopilación de metodologías aplicadas y resultados obtenidos en el proceso de Evaluación de Necesidades Tecnológicas en Colombia, en su componente de mitigación al cambio climático, y está dirigido a las entidades encargadas de formular políticas ambientales, políticas energéticas, planes de desarrollo, planes de uso racional y eficiente de la energía, y planes de desarrollo tecnológico e industrial, entre otros. Los resultados abren la posibilidad de formular acciones que deben tomarse en busca del desarrollo del país. Igualmente, el documento está dirigido a los diferentes grupos de investigación nacionales en temas ambientales, energéticos y en desarrollo tecnológico.



**RODRIGO SUAREZ CASTAÑO**

Director Cambio Climático

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

---

<sup>1</sup> EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS PARA LA MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA. Convenio MADS-CAEM CORPORACIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL para llevar a cabo la fase de diagnóstico energético y tecnológico de los sectores siderúrgico-metalmecánico y cerámico-Ladrillero en el marco del proyecto para la evaluación de necesidades tecnológicas para la mitigación al cambio climático en Colombia. Bogotá, Diciembre de 2012

## AGRADECIMIENTOS

La Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático

El Fondo Global Ambiental

El Programa de Las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD

El Centro UNEP RISOE

Fundación Bariloche de Argentina

Fundación Libélula de Perú

Equipo consultor de la componente de adaptación – Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, especialmente al Ingeniero Santiago Arango Aramburo.

A la Corporación Ambiental Empresarial, filial de la Cámara de Comercio de Bogotá.

A la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia -ANDI, especialmente a su Cámara de FEDEMETAL.

A todos los actores estratégicos que participaron activamente del proyecto

## **ACRÓNIMOS**

ACOLFA - Asociación Colombiana de Fabricantes de Autopartes

ACOPI – Asociación Colombiana de Pequeños Industriales

AHP – Proceso de Análisis Jerárquico

ANDI - Asociación Nacional de Empresarios de Colombia

ANFALIT - Asociación Nacional de Fabricantes de Ladrillo y Derivados de la Arcilla

BA – Beneficio Ambiental

ACOPI – Asociación Colombiana de Pequeños Industriales

Bancóldex - Banco de desarrollo empresarial y promotor del comercio exterior.

BE – Beneficio Económico

BGEI – Beneficio por la Reducción de Gases de Efecto Invernadero

BID – Banco Interamericano de Desarrollo

BS – Beneficio Social

BT – Beneficios Tecnológicos

CADDET - Centre for Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies

CIEN – Centro de investigación e innovación en energía

CIU – Código Industrial Internacional Uniforme

CMNUCC - Convenio Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático

CNC – Control Numérico Computarizado

CO – Monóxido de Carbono

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

COLCIENCIAS - Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación

CONPES – Consejo Nacional de Política Económica y Social

COSUDE - Red de Información para Productores de Ladrillo- Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación

CREG – Comisión de Regulación de Energía y Gas

DANE - Departamento Nacional de Estadísticas

DNP – Departamento Nacional de Producción

DOE – US Department of Energy

ECCJ - Energy Conservation Center Japan

ECDBC – Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono

EcoSur - Red del hábitat ecológico y económico

EELA - Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales  
EPA - Environmental Protection Agency  
EPM -Empresas Públicas de Medellín  
ESCO - Empresa de Servicios de Energía  
EST - Tecnologías Ambientalmente Racionales  
GASURE - Grupo de Ciencia y Tecnologías del Gas y Uso Racional de la Energía  
GEF - Programa Global de Ayudas Ambientales  
Gg- Giga gramos  
GEI - Gases de Efecto Invernadero  
GLP - Gas licuado de petróleo  
GN - Gas Natural  
GTI - Gas Technology Institute  
IDEAM - Instituto de Estudios Ambientales  
IEA - International Energy Agency  
IFRF - Industrial Flame Research Foundation  
IHEA - Industrial Heating Equipment Association  
INDISA - Empresa del subsector Metalmecánico  
INNPULSA - Unidad del Gobierno Nacional creada para promover la innovación empresarial y el emprendimiento dinámico como motores para la competitividad y el desarrollo regional  
IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change  
IRED - Infrared Equipment Division of the Industrial Heating Equipment Association  
ITM - Instituto Tecnológico Metropolitano  
IVA- Impuesto de valor agregado  
I+D - Investigación y Desarrollo  
JIFMA - Japan Industrial Furnace Manufacturers Association  
kW - Kilo vatios, Unidad de potencia  
MADS - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible  
MCA - Metodología de Análisis Multicriterio  
MIC - Ministerio de Industria y Comercio  
NEDO - New Energy and Industrial Technology Development Organization  
PIB - Producto Interno Bruto  
PNUD - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo  
PNUMA - Programa de Las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

PROURE – Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales

PYMES – Pequeñas y Medianas Empresas

SENA – Servicio Nacional de Aprendizaje

SERT – Single Ended Radiant Tubes

SMMLV – Salario Mínimo Mensual Legal Vigente

SNCC - Sistema Nacional de Cambio Climático

STEM - Swedish Energy Agency

SUMICOL - Suministros de Colombia

TAP - Planes de Acción Tecnológicos

TERI - The Energy and Resources Institute

TIR – Tasa Interna de Retorno

TNA - Evaluación de Necesidades Tecnológicas

TT – Tratamiento Térmico

UDEA – Universidad de Antioquia

UNAL –Universidad Nacional de Colombia

UNEP - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

UPB – Universidad Pontificia Bolivariana

UPME - Unidad de Planeación Minero Energética



## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>16</b>
<b>PARTE I: A-Reporte de la Evaluación de Necesidades Tecnológicas para la mitigación del cambio climático en Colombia. B-Análisis de barreras y entorno habilitante para las tecnologías priorizadas. ....</b>	<b>21</b>
<b>Sección A- Reporte de la Evaluación de Necesidades Tecnológicas para la mitigación del cambio climático en Colombia. ....</b>	<b>22</b>
<b>CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>1.1 Políticas nacionales relacionadas con las prioridades de desarrollo, la innovación tecnológica y la mitigación y adaptación al cambio climático. ....</b>	<b>22</b>
1.1.1 Estrategia Colombiana de Desarrollo en Bajo Carbono. [1].....	23
1.1.2 Política Nacional de Uso racional y Eficiente de Energía. [2, 3] .....	24
<b>CAPÍTULO 2. ARREGLO INSTITUCIONAL PARA TNA E INVOLUCRAMIENTO DE ACTORES ESTRATÉGICOS. ....</b>	<b>25</b>
<b>2.1 Equipo de trabajo TNA Colombia. ....</b>	<b>25</b>
2.1.1 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. ....	25
2.1.2 Grupo de investigación GASURE – Universidad de Antioquia.....	26
<b>2.2 Proceso de involucramiento de actores estratégicos. ....</b>	<b>26</b>
2.2.1 Identificación de posibles actores estratégicos. ....	26
2.2.2 Talleres y reuniones con los actores involucrados.....	29
<b>CAPÍTULO 3 PRIORIZACIÓN DE LOS SUBSECTORES EN EL SECTOR INDUSTRIAL. ....</b>	<b>31</b>
<b>3.1 Proceso, criterios y resultados de la priorización de subsectores.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2 Descripción subsector siderúrgico y metalmecánico. ....</b>	<b>34</b>
3.2.1 Cadena productiva del subsector metalmecánico. ....	38
<b>3.3 Descripción subsector cerámico y ladrillo. ....</b>	<b>41</b>
3.3.1 Subsector cerámico.....	41
3.3.2 Subsector ladrillero. ....	43
<b>CAPÍTULO 4. PRIORIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL SUBSECTOR METALMECÁNICO .....</b>	<b>47</b>
<b>4.1 Proceso de selección de las tecnologías para la mitigación del cambio climático. ....</b>	<b>47</b>
4.4.1 Tecnologías existentes en el subsector metalmecánico. ....	47
4.4.2 Tecnologías eficientes para el subsector metalmecánico.....	49
<b>4.2 Criterios de priorización y asignación de calificación por subcriterios para cada tecnología. ....</b>	<b>52</b>
<b>4.3 Resultados de la priorización de las tecnologías de mitigación para el sector. ....</b>	<b>58</b>
<b>4.4 Descripción de las tecnologías priorizadas.....</b>	<b>60</b>
4.4.1 Horno de crisol autoregenerativo. ....	60
4.4.2 Quemadores autorecuperativos. ....	61
4.4.3 Quemadores autoregenerativos. ....	61
4.4.4 Horno de inducción.....	62

<b>CAPÍTULO 5. PRIORIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL SUBSECTOR LADRILLERO. ....</b>	<b>63</b>
5.1 Proceso de selección de las tecnologías para la mitigación del cambio climático. ....	63
5.1.1 Tecnologías existentes en el subsector ladrillero. ....	63
5.1.2 Tecnologías eficientes para el subsector ladrillero. ....	67
5.2 Criterios de priorización y asignación de calificación por subcriterios para cada tecnología. ....	69
5.3 Resultados de la priorización de las tecnologías de mitigación para el sector. ....	73
5.4 Descripción de las tecnologías priorizadas. ....	74
5.4.1 Horno ecológico MK-2. ....	74
5.4.2 Horno vertical. ....	74
5.4.3 Horno de aire forzado. ....	74
5.4.4 Paquete Tecnológico Propuesto en el estudio del complementario realizado por la CAEM:.....	75
<b>CAPITULO 6 CONCLUSIONES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS.....</b>	<b>78</b>
<i>Sección B- Análisis de barreras y entorno habilitante para las tecnologías priorizadas. ....</i>	<i>80</i>
<b>CAPITULO 7 IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE BARRERAS Y MEDIDAS PARA EL SUBSECTOR METALMECÁNICO. ....</b>	<b>85</b>
7.1 Identificación de barreras y clasificación CDIO.....	91
7.1.1 Análisis de barreras para las tecnologías priorizadas en el subsector metalmecánico. ....	98
7.2 Identificación de medidas para la superación de barreras y clasificación CDIO.....	102
7.3 Articulación de las barreras identificadas: Árbol problema. ....	112
7.4 Análisis Jerárquico.....	113
<b>CAPITULO 8 IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE BARRERAS Y MEDIDAS PARA EL SUBSECTOR LADRILLERO. ....</b>	<b>115</b>
8.1 Identificación de barreras y clasificación CDIO.....	116
8.1.1 Análisis de barreras para las tecnologías priorizadas en el subsector ladrillero.....	122
8.2 Identificación de medidas para la superación de barreras y clasificación CDIO. ....	123
8.3 Articulación de las barreras identificadas: Árbol problema. ....	127
8.4 Análisis Jerárquico.....	128
<b>Parte 2: Planes de acción de tecnologías.....</b>	<b>130</b>
<b>Capitulo 1 entorno habilitante.....</b>	<b>131</b>
1.1 Estrategia Colombiana de Desarrollo en Bajo Carbono [1]. ....	131
1.2 Política nacional de uso racional y eficiente de la energía [2, 42]. ....	131
1.3 Política nacional en ciencia, tecnología e innovación [43]. ....	132
1.4 Fondo de regalías para ciencia y tecnología [44]. ....	132
1.5 Transformación productiva nacional. ....	132
1.6 Programa de desarrollo de proveedores orientado a Pymes. ....	133

<b>Capítulo 2 Plan de acción para las tecnologías del sector metalmeccánico.....</b>	<b>134</b>
<b>2.1 Acciones a nivel sectorial en el subsector metalmeccánico.....</b>	<b>141</b>
2.1.1 Barreras a nivel sectorial y acciones propuestas.....	142
<b>2.2 Plan de acción para la tecnología horno de crisol autoregenerativo.....</b>	<b>151</b>
10.2.1 Objetivos y metas para difusión y transferencia del horno de crisol autoregenerativo.....	151
2.2.2 Barreras y medidas para la difusión del horno de crisol autoregenerativo.....	151
<b>2.3 Plan de acción para la tecnología horno de inducción.....</b>	<b>155</b>
2.3.1 Objetivos y metas para la difusión y transferencia del horno de inducción.....	155
2.3.2 Barreras y medidas para la difusión del horno de inducción.....	155
<b>2.4 Plan de acción para la tecnología quemadores autoregenerativos y autorecuperativos.....</b>	<b>160</b>
2.4.1 Objetivos y metas para la difusión y transferencia de los quemadores autoregenerativos y autorecuperativos.....	160
2.4.2 Barreras y medidas para la difusión de los quemadores autoregenerativos y autorecuperativos.....	160
<b>2.5 Consideraciones generales.....</b>	<b>164</b>
<b>Capítulo 3. Plan de acción para las tecnologías del sector ladrillero .....</b>	<b>165</b>
<b>3.1 Objetivos y metas para la transferencia y difusión de las tecnologías del sector ladrillero.....</b>	<b>166</b>
<b>3.2 Plan de acción para las tecnologías del sector ladrillero.....</b>	<b>168</b>
<b>Capítulo 4. Conclusiones.....</b>	<b>183</b>
<b>4.1 Acerca de las soluciones tecnológicas .....</b>	<b>183</b>
<b>4.1 Acerca del plan de acción sectores metalmeccánico y ladrillero .....</b>	<b>185</b>
<b>4.2 Acerca de las lecciones aprendidas y sugerencias .....</b>	<b>187</b>
<b>CAPÍTULO 5 IDEAS DE PROYECTO SUBSECTOR METALMECÁNICO.....</b>	<b>189</b>
<b>5.1 Resumen del programa.....</b>	<b>189</b>
<b>5.2 Introducción.....</b>	<b>189</b>
<b>5.3 Objetivos.....</b>	<b>191</b>
Objetivo general.....	191
Objetivos específicos.....	191
<b>5.4 Productos Actores y Beneficiarios.....</b>	<b>192</b>
<b>5.5 Relación con las prioridades de desarrollo sostenible del país.....</b>	<b>193</b>
<b>5.6 Alcances del programa.....</b>	<b>194</b>
<b>5.7 Actividades del programa.....</b>	<b>196</b>
<b>5.8 Cronograma del programa.....</b>	<b>198</b>
<b>5.9 Indicadores y seguimiento.....</b>	<b>199</b>
<b>5.10 Complicaciones y retos.....</b>	<b>200</b>
<b>5.11 Coordinación y responsabilidades.....</b>	<b>200</b>
<b>5.12 Costo estimado del programa.....</b>	<b>201</b>

<b>CAPÍTULO 6 IDEAS DE PROYECTO SUBSECTOR LADRILLERO.....</b>	<b>204</b>
6.1 Resumen del programa.....	204
6.2 Introducción.....	204
6.3 <b>Objetivos.</b> .....	<b>206</b>
Objetivo General.....	206
Objetivos Específicos.....	206
6.4 <b>Productos Actores y Beneficiarios.</b> .....	<b>207</b>
6.5 <b>Relación con las prioridades de desarrollo sostenible del país.</b> .....	<b>209</b>
6.6 <b>Alcances del programa.</b> .....	<b>209</b>
6.7 <b>Actividades del programa.</b> .....	<b>211</b>
6.8 <b>Cronograma del programa.</b> .....	<b>214</b>
6.9 <b>Indicadores y Seguimiento.</b> .....	<b>215</b>
6.10 <b>Complicaciones y retos.</b> .....	<b>216</b>
6.11 <b>Coordinación y responsabilidades.</b> .....	<b>217</b>
6.12 <b>Costo estimado del programa.</b> .....	<b>219</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>221</b>
<b>ANEXOS PARTE 1: RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS EN LA REPÚBLICA DE COLOMBIA.</b> .....	<b>224</b>
<b>ANEXO 1 ACTORES PARTICIPANTES .....</b>	<b>225</b>
A.1.1 Asistentes a las actividades para la priorización y análisis de barreras de las tecnologías del subsector metalmecánico.....	225
A.1.2 Asistentes a las actividades para la priorización y análisis de barreras de las tecnologías del subsector ladrillero. ....	226
<b>ANEXO 2 BASE DE DATOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS .....</b>	<b>227</b>
<b>ANEXO 3 METODOLOGÍA DE PRIORIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS.....</b>	<b>230</b>
<b>ANEXO 4 FICHAS TÉCNICAS DE LAS TECNOLOGÍAS PRIORIZADAS .....</b>	<b>238</b>
<b>A.4.1 Subsector metalmecánico .....</b>	<b>238</b>
HORNO DE CRISOL AUTOREGENERATIVO .....	238
HORNO DE INDUCCIÓN .....	240
QUEMADORES AUTORECUPERATIVOS .....	242
QUEMADORES AUTOREGENERATIVOS .....	244
<b>A.4.2 Subsector ladrillero .....</b>	<b>246</b>
HORNO MK2.....	246
HORNO DE AIRE FORZADO.....	248
HORNO VERTICAL.....	249
<b>ANEXO 5 Resumen diagnósticos en el sector metalmecánico .....</b>	<b>252</b>

<b>Metodología .....</b>	<b>252</b>
<b>Diagnósticos Valle de Aburra .....</b>	<b>253</b>
<b>Diagnósticos Bogotá .....</b>	<b>256</b>
Metalnodul: Experiencia de transferencia tecnológica exitosa de un horno de inducción para la fusión de ferrosos. .	256
<b>Análisis de los resultados obtenidos en los diagnósticos .....</b>	<b>258</b>
<b>Anexo 6 Resumen diagnósticos en el sector ladrillero .....</b>	<b>260</b>
<b>Región Bogotá.....</b>	<b>260</b>
Rendimiento energético global de las ladrilleras visitadas. ....	260
Potencial de Ahorro. ....	262
Maquinaria.....	262
<b>Región Antioquia.....</b>	<b>262</b>
Visita ladrillera san Cristóbal.....	262

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Esquema Organizacional del proyecto TNA.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 2 Distribución porcentual del consumo de energía en la industria colombiana .....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 3 Principales productos del subsector Siderúrgico y Metalmecánico [6]. .....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 4 Principales productos del subsector metalmecánico [6].....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 5 Principales productos del subsector metalmecánico [6].....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 6 Cadena productiva del subsector cerámico. ....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 7 Cadena Productiva Industria Ladrillera. [13, 14] .....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 8 Sistemas de combustión con combustibles atípicos .....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 9 Sistemas de calentamiento con resistencias eléctricas.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 10 Metodología para la selección de nuevas tecnologías sector metalmecánico .....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 11 Distribución de calificación final de tecnologías subsector metalmecánico: Escenario 1, Financieros&gt; beneficios económicos .....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 12 Clasificación de Tipos de Hornos, según volumen de producción. ....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 13 Distribución de calificación final de tecnologías subsector ladrillero y cerámico. ....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 14 Alternativas de producción más limpia en las PyME del sector manufacturero – Fuente: Guía de consultores – Proyecto GA+P – 2002 .....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 15 Alternativas de producción más limpia en las PyME del sector manufacturero Fuente: Guía de consultores – Proyecto GA+P – 2002 .....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 16 Esquema del árbol de problemas.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 17 Árbol problema sector metalmecánico.....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 18 Árbol problema sector ladrillero .....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 19 Ruta para la selección de pymes que participarán potencial en el programa de modernización tecnológica. ....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 20 Ruta para la selección de pymes que participarán potencial en el programa de modernización tecnológica. ....</i>	<i>195</i>
<i>Figura 21 Comité coordinador del programa de Transferencia de Tecnologías de Combustión y Calentamiento Ecoeficientes para el Sector Metalmecánico con Procesos de Alta Temperatura. ....</i>	<i>201</i>
<i>Figura 22 Comité coordinador del programa de mejora integral del proceso de cocción de ladrillo en unidades productoras de baja y media capacidad. ....</i>	<i>218</i>
<i>Figura 23. Sistema de secado con ventilador.....</i>	<i>263</i>

**ÍNDICE DE TABLAS.**

<i>Tabla 1 Resumen de talleres realizados durante el proceso.</i>	29
<i>Tabla 2 Cadena de valor Metalurgia y Metalmecánica bajo el código CIU. Fuente: [4]</i>	34
<i>Tabla 3 Principales variables de la cadena Siderúrgica-Metalmecánica Encuesta Anual Manufacturera 2010. Fuente: [7]</i>	36
<i>Tabla 4 Códigos CIU del subsector metalmecánico.</i>	37
<i>Tabla 5 Códigos CIU del subsector metalmecánico con procesos de combustión y calentamiento.</i>	37
<i>Tabla 6 Rango de operación de procesos industriales a alta temperatura.</i>	40
<i>Tabla 7 Procesos de calentamiento empleados en el subsector metalmecánico de acuerdo a la actividad comercial según el código CIU.</i>	40
<i>Tabla 8 Códigos CIU del subsector cerámico con procesos de combustión y calentamiento [11]</i>	41
<i>Tabla 9 Número de establecimientos registrados en 2007 pertenecientes al subsector cerámico Fuente DANE</i>	41
<i>Tabla 10 Valor de la producción subsector cerámico. Fuente DNP 2004.</i>	42
<i>Tabla 11 Ingresos operacionales de las empresas del subsector cerámico en Colombia en 2010.</i>	42
<i>Tabla 12 Códigos CIU del subsector ladrillero con procesos de combustión y calentamiento</i>	43
<i>Tabla 13 Cantidad y valor de la producción en subsector ladrillero. Fuente Encuesta anual manufacturera DANE 2007</i>	44
<i>Tabla 14 Principales procesos y equipos de combustión y calentamiento empleados en el subsector metalmecánico</i>	47
<i>Tabla 15 Ahorro de combustibles cuando se aplican nuevas tecnologías de recuperación de calor en procesos de alta temperatura. Fuente: [8]</i>	50
<i>Tabla 16 Tecnologías eficientes para el subsector metalmecánico Enfoque por tecnología</i>	51
<i>Tabla 17 Condiciones para el cálculo de la TIR</i>	52
<i>Tabla 18 Calificación de los subcriterios para cada una de las tecnologías del subsector metalmecánico</i>	57
<i>Tabla 19 Pesos asignados subsector metalmecánico escenario 1</i>	59
<i>Tabla 20 Número y tipo de hornos utilizados en la industria ladrillera nacional.</i>	64
<i>Tabla 21 Características de los hornos de cocción utilizados en subsector cerámico.</i>	64
<i>Tabla 22 Caracterización de los hornos utilizados en el subsector ladrillero en Colombia. Fuente[16].</i>	66
<i>Tabla 23 Nuevas Tecnologías para subsector ladrillero.</i>	68
<i>Tabla 24 Calificación de los subcriterios para cada una de las tecnologías del subsector ladrillero</i>	72
<i>Tabla 25 Pesos asignados subsector ladrillero.</i>	73
<i>Tabla 26 Código de colores para la jerarquización de las barreras</i>	82
<i>Tabla 27 Fases para la puesta en marcha de la tecnología (CDIO).</i>	83
<i>Tabla 28 Escala de producción para las pymes por proceso.</i>	87
<i>Tabla 29 Enfoque CDIO para las barreras identificadas en el sector metalmecánico.</i>	97
<i>Tabla 30 Análisis de barreras para las tecnologías priorizadas en el subsector metalmecánico</i>	99
<i>Tabla 31 Ahorro por deducción de IVA e impuesto de renta para las tecnologías priorizadas.</i>	103
<i>Tabla 32 Enfoque CDIO para las medidas identificadas en el sector metalmecánico.</i>	111
<i>Tabla 33 Principales barreras y medidas identificadas en el sector metalmecánico.</i>	114
<i>Tabla 34 Enfoque CDIO para las barreras identificadas en el sector ladrillero.</i>	121
<i>Tabla 35 Análisis de barreras para las tecnologías priorizadas en el subsector ladrillero. Fuente [38]</i>	122
<i>Tabla 36 Enfoque CDIO para las medidas identificadas en el sector ladrillero.</i>	126
<i>Tabla 37 Principales barreras y medidas identificadas en el sector ladrillero.</i>	128
<i>Tabla 38 Metas sectoriales del PROURE</i>	131
<i>Tabla 39 Programas y líneas de acción PROURE</i>	132
<i>Tabla 40 Productos fundidos importados por Estados Unidos, año 2008 [45]</i>	135
<i>Tabla 41 Casos exitosos en la transferencia de tecnologías en el sector metalmecánico.</i>	137
<i>Tabla 42 Objetivos línea estratégica 1.</i>	137
<i>Tabla 43 Objetivos línea estratégica 2.</i>	139
<i>Tabla 44 Objetivos línea estratégica 3.</i>	141
<i>Tabla 45 Barreras identificadas en el sector metalmecánico y de aplicación transversal a las tres tecnologías priorizadas.</i>	142

<i>Tabla 46 Medidas identificadas en el sector metalmecánico y de aplicación transversal a las tres tecnologías priorizadas y participación de cada una de estas en las fases de desarrollo del proceso de transferencia tecnológica.....</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 47 Plan de acción sectorial (sector metalmecánico).....</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 48 Medidas identificadas para la tecnología horno de crisol autoregenerativo y participación de cada una de estas en las fases de desarrollo del proceso de transferencia tecnológica.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 49 Plan de acción para el horno de crisol autoregenerativo.....</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 50 Medidas identificadas para la tecnología horno de inducción y participación de cada una de estas en las fases de desarrollo del proceso de transferencia tecnológica.....</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 51 Plan de acción para el horno de inducción.....</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 52 Medidas identificadas para los quemadores autoregenerativos y autorecuperativos y participación de cada una de estas en las fases de desarrollo del proceso de transferencia tecnológica.....</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 53 Plan de acción para los quemadores autoregenerativos y autorecuperativos.....</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 54 Reducción de GEI por subsectores del sector metalmecánico con procesos de alta temperatura, a nivel de pymes.....</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 55 Barreras y medidas identificadas en el sector ladrillero.....</i>	<i>167</i>
<i>Tabla 56 Articulación de barreras y medidas.....</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 57 Objetivos línea estratégica de acción 1.....</i>	<i>169</i>
<i>Tabla 58 Objetivos línea estratégica de acción 2.....</i>	<i>171</i>
<i>Tabla 59 Objetivos línea estratégica de acción 3.....</i>	<i>172</i>
<i>Tabla 60 Objetivos línea estratégica de acción 4.....</i>	<i>173</i>
<i>Tabla 61 Participación de las medidas en las fases de desarrollo del proceso de transferencia tecnológica en el sector ladrillero.....</i>	<i>173</i>
<i>Tabla 62 Plan de acción sector ladrillero (T1 horno MK2, T2 horno vertical y T3 horno de aire forzado).....</i>	<i>176</i>
<i>Tabla 63 Actores, beneficiarios y productos para cada proyecto.....</i>	<i>192</i>
<i>Tabla 64 Cronograma para la ejecución de los proyectos planteados en el sector metalmecánico.....</i>	<i>198</i>
<i>Tabla 65 Costos del programa de transferencia de tecnologías para el sector metalmecánico.....</i>	<i>202</i>
<i>Tabla 66 Actores, beneficiarios y productos para cada proyecto.....</i>	<i>207</i>
<i>Tabla 67 Cronograma para la ejecución de los proyectos planteados en el sector ladrillero.....</i>	<i>214</i>
<i>Tabla 68 Costos del programa de transferencia de tecnologías para el sector ladrillero.....</i>	<i>219</i>
<i>Tabla 69 Escala de preferencias.....</i>	<i>231</i>
<i>Tabla 70 Criterios de calificación para la TIR [51].....</i>	<i>234</i>
<i>Tabla 71 Escala de medida para la calificación de subcriterios considerados en la priorización.....</i>	<i>235</i>
<i>Tabla 72 Resumen diagnósticos energéticos sector metalmecánico Valle de Aburrá.....</i>	<i>255</i>
<i>Tabla 73 Resumen diagnósticos energéticos sector metalmecánico Bogotá.....</i>	<i>256</i>
<i>Tabla 74 Clasificación y composición de ladrilleras en ANAFALCO.....</i>	<i>260</i>
<i>Tabla 75 Rendimiento térmico global y costo unitario de combustible de cada ladrillera.....</i>	<i>261</i>
<i>Tabla 76 Rango internacional de consumo de energía específico [52].....</i>	<i>261</i>
<i>Tabla 77 Resumen diagnósticos energéticos sector Ladrillero en Antioquia.....</i>	<i>263</i>

## **RESUMEN EJECUTIVO.**

Colombia ha definido una estrategia para orientar el desarrollo económico y social por una ruta de baja carbono intensidad y compromiso con los retos que plantea el Cambio Climático, en este contexto el gobierno nacional ha estructurado y se encuentra implementado la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, el cual lidera el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, por lo que el proyecto Evaluación de Necesidades Tecnológicas para la Mitigación del Cambio Climático realizado con la cooperación de Unep Riso, en sus objetivos y planes de acción identificados, es coherente, se encuentra alineado y se constituye en una contribución para el avance y consolidación de la mencionada estrategia.

El proyecto TNA en su componente de mitigación ha seleccionado como sector objetivo a la industria manufacturera, dada su importancia económica y social, como también por ser uno de los mayores consumidores de energía, en el año 2009 representó el 28.3 del consumo final de energía, en el año 2009 este sector representó el 12 % del PIB nacional. La selección se justifica no solo por su potencial de reducción de gases de efecto invernadero, como consecuencia de la adaptación y transferencia de tecnologías de alta eficiencia energética, sino también por la necesidad de mejorar la productividad y competitividad del sector, situación que recientemente se hace más evidente ante la entrada en vigencia de los tratados de libre comercio que Colombia ha firmado en los últimos dos años.

Considerando como criterio el tamaño de la escala económica, los impactos en la generación de empleo, los eslabonamientos industriales y limitaciones financieras para implementar acciones de modernización tecnológica por iniciativa propia, se seleccionaron los subsectores metalmecánico y ladrillo, estando estos constituidos fundamentalmente por pequeñas y medianas empresas. El perfil energético de estos subsectores se caracteriza por ser intensivo en consumo de energía térmica, la cual se obtiene mediante la combustión de combustibles fósiles: carbón y gas natural principalmente, en algunos casos se encontró la utilización de la electricidad como fuente de calor.

El análisis de los sistemas de combustión y calentamiento de estos subsectores permite concluir que se caracterizan por un alto grado de obsolescencia tecnológica, baja eficiencia energética (menores del 35%), los costos de la energía inciden en los costos de producción, se afectan la calidad de los productos y la productividad de los procesos, las emisiones contaminantes son elevadas y en muchos casos existen serios problemas de salud ocupacional. El análisis del estado de la técnica y de la disponibilidad comercial de tecnologías de combustión y calentamiento de alta eficiencia energética( entre 60 y 97%), permite concluir que existe un gran potencial para su transferencia en estos subsectores, con lo cual se lograría reducción de gases de efecto invernadero, entre un 40 y 90%. Estas tecnología se agrupan en las siguientes opciones: recuperación de calor de los gases de combustión para el precalentamiento del aire de combustión, recuperación de calor de los gases de combustión para el precalentamiento del objeto a calentar (carga) y calentamiento electromagnético.

Una vez examinada la estructura energética y características tecnológicas de los sistemas actualmente usados, como también analizadas las tendencias tecnológicas y oferta de tecnologías, se logró identificar un conjunto de tecnologías con potencial de reducción y con efecto significativo para la mejora de productividad y competitividad de los procesos de combustión y calentamiento.

Las sugerencias del equipo consultor y las discusiones realizadas en los talleres de priorización, utilizando la metodología multicriterio y ponderación de factores, permitió priorizar tres tecnologías por cada subsector. La priorización de las tecnologías ha tenido en cuenta el potencial de reducción de gases de efecto invernadero de cada una de ellas, de acuerdo a la metodología TNA, pero considerando como criterio adicional el tecnológico, con el propósito de evaluar en cada tecnología la escala de producción, su



adaptación a los procesos de las Pymes, la disponibilidad de servicio de postventa y la madurez de la tecnología. La participación de diversos actores en la ponderación de los criterios de primer y segundo nivel, resultó un ejercicio enriquecedor, en tanto se recogen las experiencias y aportes de los participantes, se cuestiona la validez y objetividad de los criterios propuestos, permitiendo que por la vía de los argumentos se llegue a consenso o se precisen objetivamente las diferencias.

En el subsector metalmecánico fueron priorizadas las tecnologías horno de crisol autoregenerativo, quemadores de autorecuperación y autoregeneración y horno de inducción. Para el subsector ladrillero se priorizaron las tecnologías horno vertical, horno de aire forzado con paquete de combustión y horno MK”, las cuales en la estructuración de proyectos de referencia pueden ser complementadas con acciones de optimización de periféricos y/o buenas prácticas en la gestión de la energía.

En el análisis del paquete tecnológico elaborado por la CAEM en el estudio complementario, se identificaron tecnologías medulares asociadas al consumo de energía relacionado con la producción y tecnologías periféricas asociadas al consumo de energía que no está directamente relacionado con la producción, esta propuesta incluye tecnologías descritas mediante fichas tecnológicas que podrían ser transferidas y adaptadas en los sectores e incluyen costos actualizados para su implementación y su disponibilidad en Colombia, estas son:

- Briquetas de carbón
- Gas de síntesis a partir del carbón
- Sustituir Extrusora artesanal sin vacío por Extrusora al vacío + Cajón Alimentador
- Peletización de biomasa
- Recuperador de calor residual de los gases Combustión “Sistema pulpo”
- Dosificador de carbón pulverizado de alta eficiencia
- Proceso de Plaforización

Con las tecnologías priorizadas se continuó con el análisis de barreras que pueden impedir u obstaculizar la transferencia a los subsectores metalmecánico y de ladrillo con procesos de alta temperatura. Para llevar a cabo este análisis el equipo consultor inicialmente identificó y caracterizó un conjunto de barreras las cuales fueron clasificadas de acuerdo a los siguientes puntos de vista: económica y financiera, fallas en el mercado, normas y regulaciones legales, fallas en la comunicación, capacidad institucional y organizativa, habilidades humanas, comportamiento social y cultural y por último las técnicas, estas últimas relacionadas con la adaptación de la tecnología a la escala económica de los procesos de las Pymes.

Con la realización del taller de análisis de barreras para cada subsector, en los cuales el enfoque anteriormente descrito fue presentado a discusión, se obtuvo de los participantes observaciones, sugerencias y presentación de experiencias, lo cual permitió complementar el ejercicio inicial y en general llegar a un consenso sobre los actores considerados, las barreras y una propuesta de medidas para superarlas, algunas de ellas sustentadas y adaptadas a partir de las políticas y mecanismos disponibles en el entorno habilitante, las otras resultaron de los aportes realizados en el presente trabajo, y para las cuales no existen referentes nacionales.

Las principales barreras consideradas para las tres tecnologías priorizadas en el subsector metalmecánico son: la escala de producción de las Pymes no es adaptable a las especificaciones técnicas de las tecnologías disponibles, la incertidumbre en el precio de los energéticos, ausencia de programas demostrativos y la ausencia de planes y programas para la promoción de la eficiencia energética. Para el horno de inducción y

los quemadores autorecuperativos y autoregenerativos, también es una barrera crucial los altos costos de implementación y modificaciones necesarias en la infraestructura de soporte y en los procesos de calentamiento. Para el horno de inducción el costo de la electricidad para el nivel de consumo de las Pymes incide en que la tasa interna de retorno estimada sea poco atractiva, por lo que se constituye en una barrera crucial.

Para el subsector ladrillero, las barreras más importantes para las tres tecnologías priorizadas son las relacionadas con los altos costos iniciales, la percepción de alto riesgo de la inversión y altos costos de modificación, la falta de personal calificado para la instalación, operación y mantenimiento de los hornos de cocción. Particularmente para el horno MK2 y el Horno Vertical, la barrera; la tecnología no es adaptable a la escala productiva es considerada importante. Para el sistema de paquete tecnológico de aire y forzado y sistema de combustión son consideradas importantes las barreras de que los actores están dispersos y poco organizados, y la escasa cooperación entre industriales e instituciones de I+D.

Finalmente se desarrolló para la implementación del paquete tecnológico propuesto, un análisis de barreras que va a permitir antes de la puesta en marcha de la tecnología: identificar sistemas de información confiables, promover acciones asociativas (con gremios), superar la desconfianza de los empresarios en la migración hacia nuevas tecnologías y superar los vacíos de información existentes para los sectores analizados.

En relación a las medidas necesarias para superar las barreras para la transferencia de las tres tecnologías priorizadas en los dos subsectores, se destacan: medidas económicas y financieras, resolver problemas de mercado y escala económica, medidas regulatorias, estimulación de proyectos demostrativos para la divulgación técnica, medidas para la formación de recursos humano y medidas para superar barreras técnicas.

El análisis de entorno habilitante ha permitido identificar que como resultado de políticas públicas o de alianzas público privado, en Colombia se han venido configurado en los últimos años acciones, iniciativas y mecanismos que pueden coadyuvar para así hacer efectiva la transferencia de tecnologías de mitigación con sostenibilidad de mediano y largo plazo. Se hace referencia a las siguientes políticas: Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, política nacional de uso eficiente y racional de la energía, política nacional de ciencia tecnología e innovación, fondo de regalías para la ciencia y la tecnología, política de transformación productiva nacional y el programa de desarrollo de proveedores orientado a Pymes.

Con los resultados obtenidos en el análisis de barreras e identificación de medidas realizados para ambos subsectores, se estructuran los planes de acción para la transferencia de las tecnologías priorizadas para la reducción de emisión de gases de efecto invernadero y obtención de co-beneficios, en los subsectores de metalmecánico y de ladrillo a nivel de pequeñas y medianas empresas, los cuales fueron los seleccionados para realizar en Colombia el proyecto TNA en su componente de mitigación.

En general se encontró para los sectores metalmecánico y ladrillero que la mayoría de barreras identificadas aplican también para las tecnologías priorizadas, pero las medidas que sustentan los respectivos planes se estructuran como acciones sectoriales y como estrategias particulares para facilitar la transferencia de cada una de las tecnologías.

El plan de acción para el sector metalmecánico, propone las medidas que llevan a la superación de las barreras que impiden la transferencia de las tecnologías. Este se orienta en la implementación y ejecución del conjunto de medidas propuesto (a nivel sectorial y para cada tecnología en particular), donde para cada una de ellas se define como se debe llevar a cabo su ejecución, quienes participan en ella, que costos implica

junto con las posibilidades de financiación, los riesgos que se corren y los indicadores que determinan el éxito de estas. El plan de acción estructurado para el sector metalmecánico busca superar principalmente las siguientes barreras:

- Barreras de tipo económico y financiero: las pymes del sector no disponen del capital suficiente para cubrir los costos de inversión que implican las nuevas tecnologías. Esto se agrava cuando los instrumentos de financiación no son los adecuados o no se puede acceder a los existentes.
- Barreras de tipo cultural y de formación humana: las pymes del sector presentan un bajo conocimiento de estas tecnologías, dificultando la penetración de las tecnologías o el mal manejo de aquellas que sean transferidas.
- Barreras de escala económica: las tecnologías están diseñadas a un nivel de producción que no se adapta el de las pymes, dificultando su operación debido a que si la tecnología es subutilizada los niveles de eficiencia obtenidos son menores a los esperados.

En el plan de acción para el sector ladrillero, se propusieron las acciones y medidas para superar o limitar el efecto de las barreras e inconvenientes para la transferencia de las tecnologías. También se proponen las entidades que deben ejecutar las medidas, así como la identificación de indicadores de éxito y de riesgo. En total se han propuesto doce medidas con sus respectivos actores, costos e indicadores que buscan superar en primera instancia la barrera de resistencia al cambio y en segunda instancia, los siguientes tipos de barreras:

- Las barreras económicas y de mercado, donde es limitado el conocimiento de cuáles son las instituciones que ofrecen los créditos, cuáles son las condiciones que exigen, así como el acceso al mismo.
- Las barreras de capacidad institucional y organizativa, donde la poca asociación de los productores limita el acceso a nuevas tecnologías, procedimientos y mercados potenciales.
- Las barreras humanas, donde la formación académica, técnica y entorno cultural del personal involucrado en el proceso de fabricación del ladrillo, limitan la apropiación de nuevas tecnologías, mejores prácticas de producción e implementación de sistemas de gestión de calidad y energía.

El plan de acción propuesto para el sector ladrillero, tiene aplicación para todo el territorio nacional, ya que según lo encontrado durante los diagnósticos se halló que el sector es muy homogéneo en cuanto a utilización de tecnología. Sin embargo, muchas de las acciones se concentran en la zona central, que comprende los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, porque es en estas regiones donde se da la mayor producción de ladrillo a nivel nacional y donde el problema ambiental, social es más acentuado, ya que de esta actividad subsiste gran cantidad de población vulnerable y de escasos recursos económicos.

En ambos sectores se encontró como medidas transversales las siguientes:

- Aprovechamiento de los incentivos tributarios existentes en el país. Como exención del IVA, Resolución 0186 de 2012.
- Aprovechamiento de los programas de COLCIENCIAS como medio de financiación y ejecución de proyectos demostrativos de las tecnologías.
- Fortalecimiento de capacidades nacionales de fabricación de partes y sistemas de calentamiento.
- Estructuración de un programa de capacitación y formación de recursos humanos en conceptos de combustión, calentamiento y buenas prácticas en la gestión de la energía.

- Armonizar las solicitudes de financiación y cooperación entre las entidades internacionales y nacionales.

En relación con las medidas que requieren montos considerables para su financiación, se estima que una adecuada combinación para acceder a fuentes nacionales y de cooperación internacional, minimizaría las incertidumbres al respecto. En este contexto se considera que el país dispone de programas y mecanismos de financiación robustos y en muchos casos no reembolsables.

El mayor riesgo para la transferencia de tecnología en ambos sectores, se encuentra en la posible falta de coordinación, voluntad y concertación entre los actores que participan en las respectivas medidas. No obstante la diversidad de actores, es conveniente que exista una entidad que coordine todo el plan de transferencia y que disponga de los instrumentos necesarios para convocar, asignar roles, evaluar y gestionar recursos ante las instituciones de cooperación internacional. Dado el compromiso en la estructuración, aplicación y seguimiento que el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible tiene en la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, es la institución indicada para realizar la función descrita.

Como ideas de proyecto, el estudio realizado para el sector metalmecánico ha permitido estructurar el Programa de Transferencia de Tecnologías de Combustión y Calentamiento Ecoeficientes, el cual tiene como objetivos los siguientes:

- Ejecutar un programa de transferencia de tecnologías de alta eficiencia energética y reducidas o nulas emisiones de GEI, las cuales sean adaptables a la escala económica de las Pymes con procesos de alta temperatura del sector metalmecánico colombiano, para lo cual se tendrán como procesos objetivos: fusión de metales no ferrosos, fusión de materiales ferrosos, forjado, tratamientos térmicos y galvanizado en caliente.
- Implementar un conjunto de medidas de tipo técnico, financiero y de consolidación de capacidades técnicas nacionales, que contribuyan a la superación de las barreras que puedan interferir en la transferencia de las tecnologías, pero que garanticen también la sostenibilidad de los proyectos a largo plazo.

Para el sector ladrillero como ideas de proyecto, se ha estructurado el Programa de Mejora Integral del Proceso de Cocción de Ladrillo en Unidades Productoras de Baja y Media Capacidad, el cual tiene como objetivos los siguientes:

- Ejecutar un programa de mejora integral del proceso de cocción de ladrillo en unidades productoras de baja y media capacidad. Teniendo como bases la transferencia de tecnologías eficientes y de bajas emisiones de GEI, adaptadas a las escalas de producción y condiciones de operación de las ladrilleras, y la formulación de un plan de capacitación en combustión y uso eficiente de la energía donde se cree conciencia de la importancia del cambio climático en el sector productivo del país.
- Fortalecer el gremio de los pequeños y medianos productores de ladrillo, mediante la estandarización de productos; proceso, peso, dimensiones, propiedades mecánicas y porosidad. Creando una marca de producto por agremiación o por región para asimilar los beneficios de la economía de escala y poder competir con las grandes ladrilleras, en el mercado nacional e internacional.

# **PARTE I: A-Reporte de la Evaluación de Necesidades Tecnológicas para la mitigación del cambio climático en Colombia. B-Análisis de barreras y entorno habilitante para las tecnologías priorizadas.**

## Sección A- Reporte de la Evaluación de Necesidades Tecnológicas para la mitigación del cambio climático en Colombia.

### ***CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN.***

El proyecto TNA hace parte de un esfuerzo global para capacitar a varios países en la Evaluación de Necesidades Tecnológicas para la mitigación y adaptación al cambio climático bajo los lineamientos del Convenio Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático - CMNUCC. El principal propósito del proyecto es ayudar a los países Partes participantes en el proceso TNA en el desarrollo, identificación y análisis de las necesidades prioritarias de tecnología, que pueden servir de base para la conformación de un portafolio de tecnologías ambientalmente racionales (EST), proyectos y programas que faciliten la transferencia y el acceso a dichas tecnologías, además del “know-how”, de acuerdo con la aplicación del artículo 4.5 de la CMNUCC. Dado lo anterior, el TNA es fundamental para fortalecer la gestión de los países.

Parte de la Convención sobre la transferencia de tecnología y una oportunidad para seguir la evolución en la necesidad de nuevos equipos, técnicas, conocimientos prácticos y habilidades requeridas para implementar medidas de reducción de emisiones de gases efecto invernadero y adaptación para reducir la vulnerabilidad de los sectores y medios de vida ante los impactos adversos del cambio climático.

Colombia aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático – CMNUCC, mediante la expedición de la Ley 164 de 1994, con el ánimo de buscar alternativas que le permitieran adelantar acciones para abordar la compleja problemática del cambio climático. La ratificación de este instrumento implica el cumplimiento por parte de Colombia de los compromisos adquiridos, de acuerdo al principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas y en consideración al carácter específico de sus prioridades nacionales de desarrollo.

Actualmente Colombia hace parte del proyecto global de Evaluación de Necesidades Tecnológicas para el Cambio Climático, por sus siglas en inglés - TNA, mediante dicho proyecto Colombia cuenta con recursos para dar inicio al proceso de TNA, para la mitigación en el sector industrial y para adaptación en la zona marino-costera Colombiana, comenzando actividades en febrero de 2011, hasta diciembre de 2012.

Frente al contexto de la política nacional, de acuerdo con el documento “Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010 – 2014” y el documento CONPES 3700 del 14 de julio de 2011 “Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia” del Departamento Nacional de Planeación, el país deberá disponer de: 1) una Política Nacional de Cambio Climático, en implementación; 2) un Sistema Nacional de Cambio Climático – SNCC, creado; 3) un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático formulado con su respectiva estrategia financiera y; 4) una Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono formulada e implementada mediante planes sectoriales de mitigación.

#### **1.1 Políticas nacionales relacionadas con las prioridades de desarrollo, la innovación tecnológica y la mitigación y adaptación al cambio climático.**

A continuación se describen las principales políticas públicas que en los últimos diez años el país ha formulado, las cuales tienen relación con la mitigación del cambio climático en la economía colombiana.

### **1.1.1 Estrategia Colombiana de Desarrollo en Bajo Carbono. [1]**

El documento Conpes 3700 en la definición de la Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático, establece: “La Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono es una iniciativa de planeación a largo plazo (similar al documento Visión Colombia 2019 Segundo Centenario) que permitirá al país identificar el potencial de mitigación de gases efecto invernadero (GEI) y las medidas y proyectos apropiados que deben realizar los sectores productivos sin afectar el crecimiento de largo plazo de la economía colombiana”. Esta estrategia busca aprovechar oportunidades de financiación internacional, promover la transferencia de tecnología, potenciar co-beneficios, preparar a los sectores económicos del país frente a posibles barreras comerciales impuestas por la carbono-intensidad de sus procesos productivos y fomentar la imagen del país como uno progresivo y carbono-eficiente. Para construir una estrategia exitosa que se base en proyecciones de crecimiento sectorial realistas, es necesario contar con la participación activa y coordinada de todos los sectores económicos del país. De la misma manera es necesario un enfoque interinstitucional que permita abordar temas intersectoriales como la eficiencia energética, la vivienda y construcción, los biocombustibles o el parque automotor eléctrico, que son competencia de varios sectores”.

El objetivo general de la estrategia es: “Facilitar y fomentar la formulación e implementación de las políticas, planes, programas, incentivos, proyectos y metodologías en materia de cambio climático, logrando la inclusión de las variables climáticas como determinantes para el diseño y planificación de los proyectos de desarrollo, mediante la configuración de un esquema de articulación intersectorial. Este esquema deberá permear el actual modelo de desarrollo social y económico de manera transversal a todos los niveles y en todas las instituciones. Adicionalmente, deberá permear los más altos niveles de toma de decisiones en cada uno de los sectores y comunidades” Los objetivos específicos de la estrategia son los siguientes:

“Proponer un marco de coordinación por medio del cual los sectores, los territorios y las comunidades entiendan el cambio climático como un tema de desarrollo económico y social y por tanto, integran dicha problemática dentro de sus procesos de planificación e inversión.

- Promover la articulación de las entidades de producción de información, los sectores y los territorios, de tal forma que la información que se genere sea pertinente, accesible y de calidad, y que se utilice apropiadamente para reducir la vulnerabilidad al cambio climático y aprovechar sus oportunidades económicas.
- Proponer un marco de coordinación adecuado para que puedan ser implementadas las acciones actualmente priorizadas por el país (Plan Nacional de Adaptación al cambio climático, la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, la Estrategia Nacional para la Reducción de las Emisiones debidas a la Deforestación y la Degradación Forestal en los Países en Desarrollo; y la Función de la Conservación, la Gestión Sostenible de los Bosques y el Aumento de las Reservas Forestales de Carbono en los Países en Desarrollo y la Estrategia de Protección Financiera ante Desastres ) o las estrategias que en el futuro sean consideradas necesarias”.

Dado que la introducción de tecnologías avanzadas de combustión y calentamiento en la industria nacional intensiva en consumo de energía térmica, en tanto ellas disminuyen el consumo de combustible y en consecuencia la emisión de gases de efecto invernadero, como también garantizan co- beneficio en

productividad y competitividad, en tal sentido el proyecto TNA se constituye en una importante contribución a esta estrategia de desarrollo nacional.

### **1.1.2 Política Nacional de Uso racional y Eficiente de Energía. [2, 3]**

Después de la crisis petrolera de los años setenta, el uso racional y eficiente de la energía se ha venido constituyendo en uno de los elementos centrales de las políticas energéticas de muchos países, en tanto con su implementación es posible lograr simultáneamente la disminución en el consumo de fuentes primarias, en las emisiones contaminante y de gases de efecto invernadero, como también mejorar la competitividad de los agentes en los mercados energéticos y de los diferentes sectores productivos. En este contexto, en Colombia en el año de 2001 se expidió la Ley 697, mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de energía, se promueve la utilización del uso racional de la energía y se dictan otras disposiciones.

El éxito de una política nacional en uso racional y eficiente de la energía depende de la superación de barreras institucionales, regulatorias, financieras y educativas. No menos importante es la estructuración de programas de investigación e innovación que soporten la aplicación de iniciativas en los diferentes sectores de la economía con el propósito de superar barreras tecnológicas, es en esta dirección que debe orientarse el compromiso del Programa Nacional de Energía y Minería de Colciencias.

En la adopción del Plan Indicativo Nacional 2010—2015 (Resolución 18-0919 del Ministerio de Minas y Energía) del PROURE, para el sector industrial en relación con la energía térmica plantea las siguientes iniciativas: optimización del uso calderas, optimización de los procesos de combustión y uso racional y eficiente de la energía en Pymes.

Si bien la acciones de uso racional son necesarias en todos los eslabones de las cadenas energéticas, en tanto los agentes en los diferentes sistemas energéticos tenderán a optimizar sus beneficios, se espera de ellos iniciativas propias y sostenidas en el tiempo para acometer acciones de uso racional en la producción, transporte, distribución y almacenamiento de energía, lo que no siempre será posible en los proceso de uso final de la energía, constituyéndose este frente en el principal foco al que se deben orientar principalmente las políticas públicas en materia de eficiencia energética.



## CAPÍTULO 2. ARREGLO INSTITUCIONAL PARA TNA E INVOLUCRAMIENTO DE ACTORES ESTRATÉGICOS.

### 2.1 Equipo de trabajo TNA Colombia.

La estructura del grupo de trabajo del TNA Colombia se presenta en el Organigrama que se muestra en la Figura 1 :

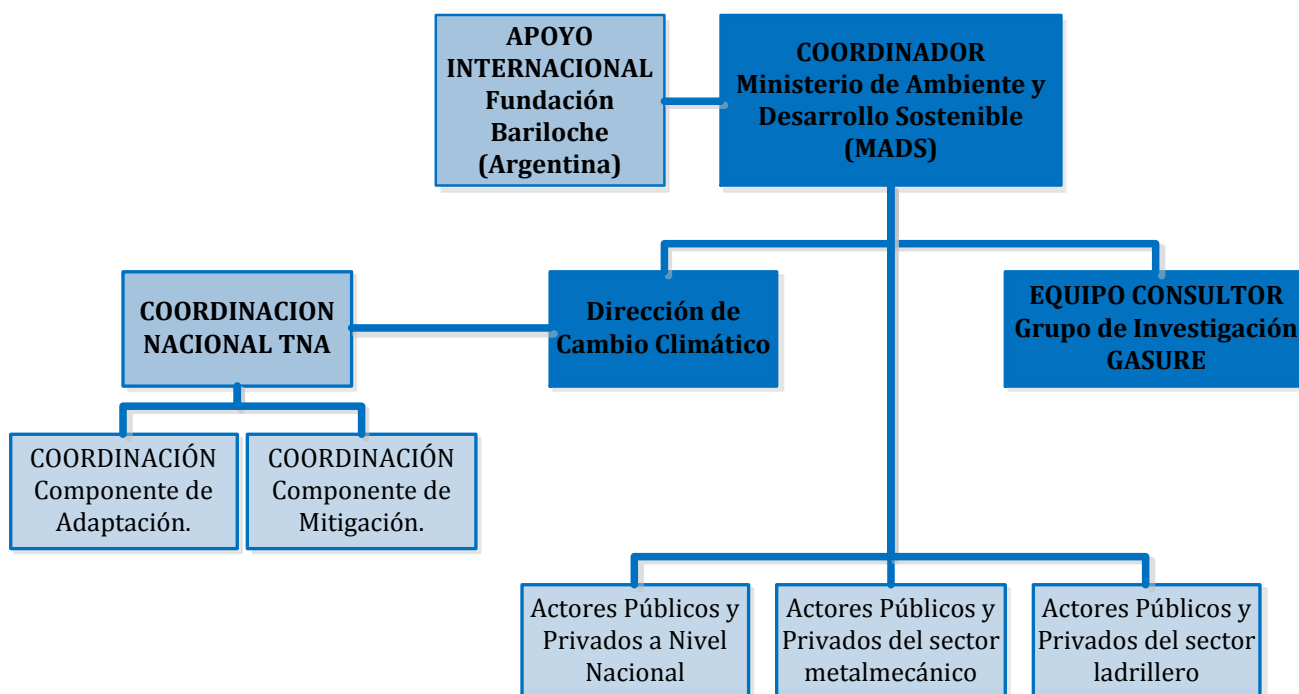


Figura 1 Esquema Organizacional del proyecto TNA

#### 2.1.1 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores. (Tomado de <http://www.minambiente.gov.co/>).

La estructura organizacional del proyecto TNA a nivel nacional está bajo la coordinación de la Dirección de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (MADS). En el componente de mitigación, el proyecto contó con la participación de instituciones a nivel nacional como el Instituto de Estudios Ambientales –IDEAM, el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia

### 2.1.2 Grupo de investigación GASURE – Universidad de Antioquia.

Es un grupo de investigación clasificado en la categoría de excelencia A1 por Colciencias, organismo del gobierno colombiano encargado de la política y planeación de la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia.

El grupo GASURE tiene como objetivo la investigación, el desarrollo tecnológico, la formación de recursos humanos y la divulgación en el uso energético de combustibles renovables y no renovables así como en el uso racional de la energía. Con su trabajo investigativo, el grupo aporta a la reducción de consumos de combustibles, a la optimización de sistemas industriales de combustión y de calentamiento, a la capacitación del personal, al aumento de la competitividad de los sectores productivos y a las mejoras en salud ocupacional.

## 2.2 Proceso de involucramiento de actores estratégicos.

La Evaluación de Necesidades Tecnológicas es un proceso que debe llevarse a cabo en colaboración con diferentes entidades del sector público y privado que se ven afectados por los efectos del cambio climático. La experiencia y conocimiento de dichos actores los convierte en piezas claves del estudio, por lo que es importante su involucramiento a través de estrategias participativas en cada una de las etapas del proyecto.

El objetivo de involucrar actores consiste en una correcta evaluación de necesidades tecnológicas a partir de las vivencias particulares de cada una de las entidades, ya sean públicas o privadas, en el desarrollo propio de su ejercicio, que se verán beneficiadas luego de una correcta ejecución de la metodología.

A raíz de lo anterior, se realizaron diferentes actividades de acercamiento y participación en el proceso.

### 2.2.1 Identificación de posibles actores estratégicos.

Se realizó una revisión y construcción de base de datos que contiene información de contacto de variadas entidades. Para su selección se buscó contar con representantes de diferentes regiones del país y sectores económicos. A continuación se listan los actores más importantes identificados.

- **Asociación Nacional de Industriales de Colombia (ANDI) y FEDEMETAL:** Esta asociación es importante porque asocia a las empresas del sector industrial colombiano, quien a partir de su política de responsabilidad social, empresarial y producción limpia, es un actor llamado a atender iniciativas en acciones de cambio climático.
- **Ministerio de Industria y Comercio (MIC):** Este ministerio es responsable de definir la política de desarrollo industrial y de comercio internacional, actualmente realiza un programa de transformación productiva nacional cuyos resultados generarán cambios importantes en el desarrollo industrial del país, por lo anterior se ha considerado como un actor importante para el proyecto TNA.
- **Unidad de Planeación Minero Energética (UPME):** Esta entidad está adscrita al Ministerio de Minas y Energía y entre sus funciones tiene realizar el planeamiento minero-energético del país, como también coordinar e implementar el programa nacional de eficiencia energética, por las razones anteriores es un actor que puede realizar contribuciones importantes al proyecto de TNA.
- **Colciencias:** Departamento administrativo cuya función es diseñar, coordinar, evaluar y financiar las políticas de desarrollo científico, tecnológico e innovación, dado que la temática de cambio climático

requiere de investigaciones y desarrollos tecnológicos, la participación de esta entidad se ha considerado pertinente.

- **Cámara de comercio (Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla):** Debido a la función que realizan en el registro y aprobación de las empresas manufactureras, estas entidades mantienen una relación permanente y fluida con el sector industrial, lo cual les permite disponer de información y análisis de situaciones que se constituyen en referentes para un proyecto sobre cambio climático. Es de gran importancia tener presente su participación a través de sus líneas ambientales, como lo es la Corporación Ambiental Empresarial CAEM, tiene alta incidencia ya que trabaja de la mano con la Secretaria de Ambiente, el Ministerio de Medio Ambiente y las Corporaciones Ambientales y aunque es filiar de la Cámara de Comercio tiene más autonomía ya que trabaja directamente con estas entidades en temas de cambio climático y producción más limpia.
- **Departamento Nacional de Planeación (DNP):** En temas de eficiencia energética actúa como un actor jalonador de este tipo de proyectos.
- **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS):** Actor que tiene una alta influencia que favorece positivamente la transferencia tecnológica.
- **Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG):** Este actor de es alta influencia ya que incide en los costos de los energéticos y su papel es de gran importancia especialmente cuando la transferencia tecnológica implica un cambio de energético (ejemplo cambio de combustible fósil a electricidad). Como entidad reguladora se entiende que juega un papel neutro, ya que desde el punto de vista regulatorio en la demanda de energía no tiene mucha incidencia, quien define estas políticas es el Ministerio de Minas y Energía.
- **Ministerio de Minas y Energía:** Actor que define las políticas en el manejo de tarifas, la CREG ejecuta estas políticas para mantener las condiciones de mercado y un esquema tarifario.
- **Servicio Nacional de Aprendizaje SENA:** Promueve programas de capacitación técnica que favorece la transferencia tecnológica a partir de la generación de conocimiento. Aunque lo anterior es un punto a favor, dado a que no se disponen de los recursos para capacitar el personal en temas de eficiencia energética y conocimiento particular de las tecnologías, se considera que su influencia esta entre media y baja.
- **Grupos de Investigación:** El punto común para los grupos de investigación en general es la baja visibilidad en la dinamización de cambios tecnológicos y formación. Sin embargo la importancia de la investigación es crucial, por lo que se espera que con la superación de barreras los grupos se enfoquen en proyectos que se apliquen en el contexto del país, y así jugar un rol donde su grado de influencia sea alto.
- **Banco de desarrollo empresarial y comercio exterior de Colombia BANCOLDEX:** Actor de influencia alta ya que este administra los tres patrimonios autónomos (Programa de Transformación Productiva-PTP y Fondo de Modernización Empresarial). Aunque esta entidad no financia directamente los proyectos cuenta con la ventaja de que generan capacidades y conocimientos con los intermediarios financieros, lo cual es de gran importancia para este caso particular donde la mayoría de los bancos no saben cómo tratar un proyecto de eficiencia energética.

- **Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales de Colombia (DIAN):** Este actor juega un papel importante en la canalización de incentivos y en la toma de decisiones a la hora de aplicarlos. Se dejó claridad que los incentivos son de gran importancia, pero no deben ser definitivos para determinar la viabilidad de un proyecto.
- **Ministerio de Hacienda:** Actor que provee incentivos que estimulan la penetración de tecnologías, en donde estos incentivos representen ahorros considerables para los industriales, especialmente en el primer año de operación del proyecto.
- **Corporación Autónoma Regional CAR:** Actor que trabaja de manera articulada con los municipios. Es de gran importancia ya que estas corporaciones trabajan en el control y vigilancia en temas de emisiones de gases de efecto invernadero y en la implementación del programa de producción más limpia. Se plantea como un actor de participación indiferente ya que por un lado puede ejercer su papel de autoridad ambiental, el cual no es muy bien visto por los empresarios, y por otro lado tiene el interés de brindar acompañamiento a las industrias.
- **Alcaldías:** Participa como actor a través de sus políticas ambientales y de desarrollo industrial.
- **Instituto Colombiano del Petróleo ICP:** Se planteó inicialmente a ECOPETROL como actor, pero se consideró que para este proyecto en particular este actor se debía encaminar a partir de su línea de investigación con la participación del ICP quien tiene gran importancia por su manejo en temas de combustión y combustibles líquidos y gaseosos.
- **Agencia Nacional de Hidrocarburos ANH:** Su participación investigativa es similar a la del ICP.
- 
- **ESCOS (Empresas de Servicios Energéticos):** Empresas que tiene como negocio realizar proyectos de eficiencia energética en las industrias, asumiendo directamente las inversiones y garantizando su rentabilidad con base a los ahorros energéticos obtenidos, por lo cual se constituyen en canales para la transferencia de tecnologías y financiación de los proyectos. En Colombia su desarrollo aun es incipiente.
- **Proveedores de Tecnologías:** Tienen una alta incidencia ya que son los actores que conocen su tecnología y les interese que transfiera, pero su posición es indiferente porque cada uno de ellos estaría a favor de su tecnología en particular.
- **Empresarios:** Actor de influencia alta por su participación directa en el proceso de transferencia tecnológica.
- **Comunidad:** Participación indiferente, dado que depende de que tanto se beneficien (salud ocupacional) o se perjudiquen (reducción de mano de obra) con la transferencia de la tecnología. Es de gran importancia para este proyecto donde la comunidad entra a proponer políticas (con el apoyo de expertos) que enfocan el diseño de las políticas públicas que beneficien la estrategia de eficiencia energética que fundamenta la transferencia de las tecnologías.
- **Asociación Nacional de Fabricantes de Ladrillo y Materiales de Construcción (ANAFALCO):** Agremiación de productores que posee los canales y poder de convocatoria desde y hacia los

productores. Tiene gran influencia en la promoción de proyectos pilotos demostrativos de nuevas tecnologías y orientación en buenas prácticas de producción. Es el mejor método para vencer el escepticismo hacia el cambio.

- **Asociaciones Regionales:** Presenta influencia alta y a favor. Se proponen asociaciones por regiones en lugar de ANFALIT, que se encuentra en proceso de liquidación, LUNSA es la agremiación que asocia a los ladrilleros en Antioquia, Valle y partes de Santander, pero no se descartan otras asociaciones por regiones como INDUARCILLAS en Norte de Santander y Asociación de ladrilleros de Sogamoso.

## 2.2.2 Talleres y reuniones con los actores involucrados.

En la Tabla 1 se presenta una descripción de las reuniones y talleres realizados con diferentes actores involucrados en el proyecto:

**Tabla 1 Resumen de talleres realizados durante el proceso.**

TALLER/Reunión	FECHA Y LUGAR	OBJETIVOS	RESULTADOS
<b>Reunión con la Unidad de Planeación Minero Energética</b>	Noviembre 2011/Bogotá	- Presentar el proyecto TNA a la UPME y conocer de esta entidad los estudios realizados sobre asuntos energéticos en el sector industrial.	- Compromiso de la UPME para participar en el proyecto TNA e inventario de estudios energéticos en el sector industrial y conocimiento de futuros estudios proyectados por la UPME.
<b>Taller con actores</b>	Noviembre 2011/Bogotá	- Priorizar los subsectores industriales a considerar en el proyecto TNA, componente mitigación.	- Selección de los subsectores metalmecánico y ladrillo, en escala de pequeña y mediana empresa.
<b>Reunión con FEDEMÉTAL</b>	Mayo 2012/Bogotá	- Presentación del proyecto TNA y delimitación del subsector metalmecánico de acuerdo a código CIU y utilización de procesos de combustión y calentamiento.	- Aceptación de la participación de FEDEMÉTAL. - Identificación del subsector metalmecánico de acuerdo a código CIU y con procesos de combustión y calentamiento.
<b>Taller priorización de tecnologías subsector Metalmecánico</b>	Septiembre 2012/Bogotá	- Presentación de las características de las tecnologías preseleccionadas. - Presentación de la metodología de priorización. - Asignación de pesos a criterios de primer y segundo nivel. - Priorización de tecnologías.	- Asignación de pesos a los criterios de primer y segundo nivel. - Listado de tecnologías priorizadas para el subsector metalmecánico.
<b>Taller priorización de tecnologías subsector Ladrillero</b>	Septiembre 2012/Bogotá	- Presentación de las características de las tecnologías preseleccionadas. - Presentación de la metodología de priorización. - Asignación de pesos a criterios de primer y segundo nivel. - Priorización de tecnologías.	- Asignación de pesos a los criterios de primer y segundo nivel. - Listado de tecnologías priorizadas para el subsector ladrillero.
<b>Taller de análisis de barreras y medidas subsector metalmecánico</b>	Diciembre 2012/Bogotá	- Presentación de las tecnologías priorizadas. - Introducción de la metodología a	- Mapa de actores involucrados. - Consolidación del listado de barreras y medidas para su

		<ul style="list-style-type: none"> <li>seguir en el taller.</li> <li>- Estructuración del mapa de actores.</li> <li>- Análisis de barreras y medidas para su superación.</li> <li>- Construcción del árbol de problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>superación.</li> <li>- Consolidación del árbol de problemas.</li> </ul>
<b>Taller de análisis de barreras y medidas subsector ladrillero.</b>	Diciembre 2012/Bogotá	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentación de las tecnologías priorizadas.</li> <li>- Introducción de la metodología a seguir en el taller.</li> <li>- Estructuración del mapa de actores.</li> <li>- Análisis de barreras y medidas para su superación.</li> <li>- Construcción del árbol de problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mapa de actores involucrados.</li> <li>- Consolidación del listado de barreras y medidas para su superación.</li> <li>- Consolidación del árbol de problemas.</li> </ul>

Cabe resaltar que estos talleres, además de ser un apoyo fundamental en las metodologías de análisis multicriterio con múltiples decisores y análisis de barreras y medidas para la estructuración del plan de acción, constituyen una capacitación en temas de eficiencia energética, características técnicas de los procesos industriales, estado tecnológico de las tecnologías actualmente usadas, también se capta la percepción que los diferentes actores tienen sobre el cambio climático y sus interrelaciones con variables económicas.

La lista de los actores participantes en todo el proceso se presenta en el Anexo 1.

## CAPÍTULO 3 PRIORIZACIÓN DE LOS SUBSECTORES EN EL SECTOR INDUSTRIAL.

El proyecto TNA en Colombia para el estudio mitigación ha seleccionado como sector objetivo a la industria manufacturera, dada su importancia económica y social, como también por ser uno de los mayores consumidores de energía, en el año 2009 representó el 28.3 del consumo final de energía. En el año 2009 este representó el 12 % del PIB nacional, representando la tercera rama de actividad más importante en el PIB de Colombia, la cual incluye actividades económicas tan importantes como productos químicos, refinación de petróleo, alimentos, subsector siderúrgico, metalmecánico y textil [4].

Las dos formas finales de energía que utiliza el sector industrial colombiano son la electricidad y el calor. El mayor consumo de electricidad se toma del sistema de interconexión nacional, cuya principal fuente de generación es la hidroelectricidad cuya capacidad instalada en potencia representa el 66.9% del total nacional (14444 MW) y en suministro de energía en abril de 2012 representaba el 77.6 % (3706.07 GWh) [5]. El resto de energía eléctrica se genera con plantas de ciclo combinado de gas natural (27.54%), carbón (5,21%) y demás tecnologías (cogeneración y eólica 0.33%)[5]. El mayor consumo de energía eléctrica en el sector industrial está representado en la operación de motores eléctricos para múltiples usos.

El consumo de calor principalmente se satisface por la quema de combustibles fósiles y biomasa, siendo los principales combustibles usados: gas natural (53%), carbón mineral (22%), bagazo (19%) y diésel (9%). En los procesos de baja temperatura el calor se satisface por la generación de vapor en calderas, tal es el caso de las industrias de alimento, papel, bebidas y textil. En los procesos de alta temperatura el calor generado en hornos es directamente usado en los procesos de calentamiento y transformación de materiales, situación característica en los subsectores cemento, químico, metalúrgico, siderúrgico y vidrio. En la Figura 2 se presenta la distribución porcentual del consumo de energía (electricidad y calor) en la industria colombiana [5].

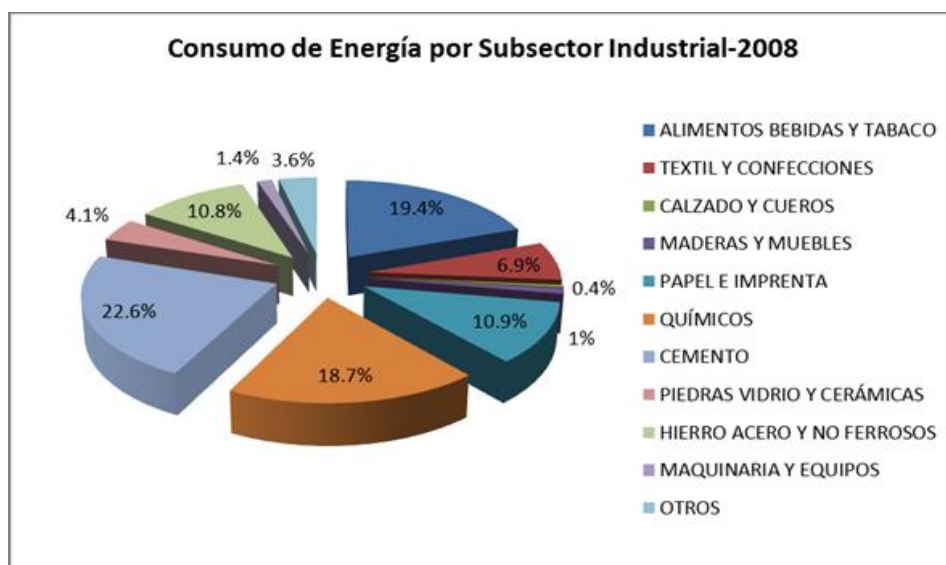


Figura 2 Distribución porcentual del consumo de energía en la industria colombiana  
Fuente: Unidad de Planeación Minero Energética-UPME [5].

En el año 2008 el sector industrial consumió 63.899 Tcal, de las cuales el subsector de Cemento fue el que mayor participación tuvo en el consumo con 22,6%, seguido por el de alimentos y bebidas con el 19,4%, el de químicos con 18,7%, papel e imprenta con 10,9%, el de hierro, acero y no ferrosos 10,8%, textil y confecciones con 6,9% y los subsectores restantes con una participación del 10,6%. [6].

De acuerdo a la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector industrial asociadas al consumo de energéticos se estimaron en 13097 Gg CO<sub>2</sub> equivalente, representando el 7.28% del total nacional de emisiones de GEI en el año 2004. [7].

En conclusión, la selección del sector industrial para el componente de mitigación del proyecto TNA se justifica no solo por su potencial de reducción de gases de efecto invernadero, como consecuencia de la adaptación y transferencia de tecnologías de alta eficiencia energética, sino también por la necesidad de mejorar la productividad y competitividad del sector, situación que recientemente se hace más evidente ante la entrada en vigencia de los tratados de libre comercio que Colombia ha firmado en los últimos dos años. Se espera que al introducción de tecnologías de combustión y calentamiento de alta eficiencia energética tenga co-beneficio en la reducción de los costos de producción, en la calidad de los productos, en la productividad de los procesos, en la reducción de emisiones contaminantes reguladas y no reguladas, como también en la mejora de las condiciones de salud ocupacional.

### **3.1 Proceso, criterios y resultados de la priorización de subsectores.**

Una vez caracterizada la estructura del sector industrial colombiano y su matriz energética, se procedió a la identificación de actores, teniendo en cuenta sus roles desde el punto de vista de la definición de políticas que incidan energética y ambientalmente sobre el sector industrial, de la definición de políticas industriales, del control y registro de los establecimientos industriales, como también de las organizaciones y agremiaciones industriales.

Para iniciar la concertación con los actores, en el equipo TNA se definieron unos criterios preliminares para orientar la discusión a la priorización de los subsectores, los cuales fueron los siguientes:

- Dada la estructura energética del subsector, intensidad energética y característica de los procesos productivos, identificar el potencial para la emisión de gases de efecto invernadero.
- Tamaño del subsector y escala de producción, para examinar su potencial y capacidad financiera, para desarrollar programas de modernización tecnológica por su propia iniciativa, mejorar la eficiencia energética, productividad de los procesos y la reducción de gases de efecto invernadero. En su defecto sectores con limitaciones técnicas y financieras que requieren de la cooperación y acompañamiento de políticas públicas
- La situación y perspectiva de los subsectores ante las políticas nacionales de desarrollo industrial, particularmente la política nacional de transformación productiva nacional y estímulo de sectores de talla mundial, la cual busca priorizar sectores con importante eslabonamiento industrial, impactos económicos, sociales y potencial exportador, tales como el subsector metalmecánico y automotriz.
- Aspectos sociales, relacionados con la producción de insumos básicos para los sectores de vivienda e infraestructura, los cuales son claves para la estrategia nacional de generación de empleo.
- Ambiental, en relación con la emisión de especies del tipo óxidos nitrosos, óxidos de azufre, monóxido de carbono y material particulado que afectan la calidad del aire.



- Teniendo en cuenta la retroalimentación realizada por los diferentes actores convocados, para precisar el alcance de los criterios anteriormente descritos y su validación, se procedió a establecer un primer ejercicio de priorización, el cual arrojó la selección de los siguientes subsectores del sector industrial: cemento, químico, metalmecánico, siderúrgico, alimentos, cerámico y ladrillo.
- Finalmente, teniendo como criterios el tamaño de la escala económica, los impactos en la generación de empleo y de eslabonamientos industriales y limitaciones financieras para implementar acciones de modernización tecnológica por iniciativa propia, se seleccionaron los subsectores siderurgia metalmecánico y cerámico ladrillo, estando constituido fundamentalmente por pequeñas y medianas empresas los subsectores metalmecánico y ladrillo.

Una vez seleccionados los subsectores, se inició el análisis de la distribución geográfica en el país de las empresas pertenecientes a estos, encontrándose que la mayoría de empresas están ubicadas en los cuatros centros industriales del país: Bogotá, ciudad con el mayor desarrollo industrial del país y en consecuencia con el mayor número de ubicación de empresas, continuando en orden de importancia Medellín, Cali y Barranquilla. También se encuentran algunos desarrollos metalmecánicos en Bucaramanga, Manizales y Cartagena y en el subsector ladrillero y cerámica artesanal se registran empresas en Santander y Boyacá. Finalmente, se consideró representativo analizar una muestra en las ciudades de Bogotá, Medellín y Barranquilla de empresas pertenecientes a los subsectores metalmecánico, ladrillo y cerámico, en pequeña y mediana escala que tuvieran los procesos de combustión y calentamiento más representativos.

El objetivo del análisis de los procesos representativos ,mediante inspección en sitio y discusión con gestores de las empresas y en algunos casos trabajadores, fue realizar un diagnóstico tecnológico de los sistemas energéticos utilizados, para con ello tener una aproximación de su perfil energético, tipo de tecnología de combustión y calentamiento utilizadas, combustibles usados, intensidad y/o eficiencia energética, grado de obsolescencia y brecha tecnológica en los equipos utilizados, y así mismo el potencial de emisión de gases de efecto invernadero. El análisis fue completado con el examen de varios estudios sectoriales y análisis de casos disponibles en fuentes de información secundaria, estudio en algunos de los cuales el equipo consultor ha participado.

La metodología aplicada en el diagnostico tecnológico de los sistemas combustión y calentamiento fue la siguiente:

- Antes de iniciar la inspección de los procesos de la planta, se hace una reunión con representantes de asuntos técnicos y administrativos de la empresa, en la que se presentan los objetivos del diagnóstico, se conocen antecedentes de la empresa y se solicita información sobre capacidad de producción, consumo de los energético utilizados, características técnicas de los procesos, especificaciones técnicas de los equipos de combustión y calentamiento.
- Posteriormente se revisan los procesos, siguiendo la secuencia de producción: recepción de materias primas, principales etapas de transformación, control de calidad y almacenamiento de producto. Esto permite levantar un diagrama del proceso, en el cual se identifican y señalan los flujos energéticos que entran en cada proceso, el tipo de energético utilizado, el nivel temperatura del proceso, las características técnicas de los equipos de combustión y calentamiento, el grado obsolescencia o modernidad tecnológica. De ser posible y si no hay restricciones de confidencialidad y secreto industrial, se realizan registros fotográficos con lo cual es posible tener pruebas para el análisis de los equipos.
- En cada proceso y equipos se toman las temperaturas de salida de los gases de combustión, la temperatura a la que permanecen las paredes y la composición de los productos de combustión, con

esta información es posible una estimación aproximada de la eficiencia de combustión con que la opera el proceso.

- Después de cada visita el equipo de trabajo realiza una discusión para determinar el grado de obsolescencia tecnológica de procesos y equipos, la eficiencia de combustión de los procesos, establecer las principales fuentes de pérdida de energía, determinar la escala de producción y en una primera aproximación, identificar qué tipos de nuevas tecnologías de combustión y calentamiento podrían ser transferidas y adaptadas a la empresa, teniendo en cuenta su escala económica y compatibilidad tecnológica de los procesos así como también los hábitos técnicos y culturales.

### **3.2 Descripción subsector siderúrgico y metalmeccánico.**

Según la Encuesta Nacional Manufacturera del Departamento Nacional de Estadísticas (DANE) y de la Cámara de Fedemetal de la Asociación Nacional de Industriales (ANDI), en el año de 2010 en Colombia existían 8905 establecimientos industriales, de los cuales 1548(17.4 %) pertenecían a los subsectores siderúrgico y metalmeccánico, quienes representan el 12.4% (5% el siderúrgico y 7.4 % el metalmeccánico) de la producción industrial nacional y aportan el 15% del empleo en el sector industrial [8].

La cadena está formada por la siderurgia (metalurgia) y metalmeccánica, los componentes según el código CIUU se presentan en la Tabla 2. El subsector siderúrgico comprende las industrias básicas de hierro, acero y metales no ferrosos. La metalmeccánica está conformada por los subsectores de fabricación de productos elaborados de metal, maquinaria de uso general, sin incluir maquinaria eléctrica, maquinaria de uso especial, aparatos de uso doméstico, fabricación de equipos de oficina y maquinaria y aparatos eléctricos [6].

La actividad siderúrgica está constituida por el proceso de obtención del acero y las diferentes líneas de producción. La producción de acero se realiza mediante dos técnicas: la siderurgia integrada que utiliza el mineral de hierro y coque, la siderurgia semi integrada, cuya principal materia primas es la chatarra. Una vez obtenido el acero, se pueden implementar dos líneas de producción: productos largos y productos planos, en la Figura 3 se presenta la cadena productiva del acero [6].

Los principales productos del subsector siderúrgico colombiano son: aceros largos (6 empresas), aceros planos (37 empresas), tubos con costura y trefilados (5 empresas), alambres y puntillas (7 empresas).

El subsector siderúrgico integrado aprovecha los yacimientos de hierro Boyacá, Cundinamarca, Huila y Antioquia el subsector ha tenido en los últimos 6 años una fuerte integración, pasando de 16 empresas a 6 empresas, con una participación importante de empresas extranjeras.

En la Tabla 3, se presentan las principales variables de la cadena Siderúrgica-Metalmeccánica, según la información reportada por la Encuesta Anual Manufacturera 2010 [7].

**Tabla 2 Cadena de valor Metalurgia y Metalmeccánica bajo el código CIUU. Fuente: [4]**

<b>CÓDIGO CIUU</b>	<b>CADENA DE VALOR</b>
<b>271</b>	Industrias básicas de hierro y acero; fundición de metales
<b>280</b>	Fabricación de productos elaborados de metal
<b>291</b>	Maquinaria de uso general
<b>292</b>	Maquinaria de uso especial
<b>293</b>	Aparatos de uso doméstico
<b>310</b>	Maquinaria y aparatos eléctricos

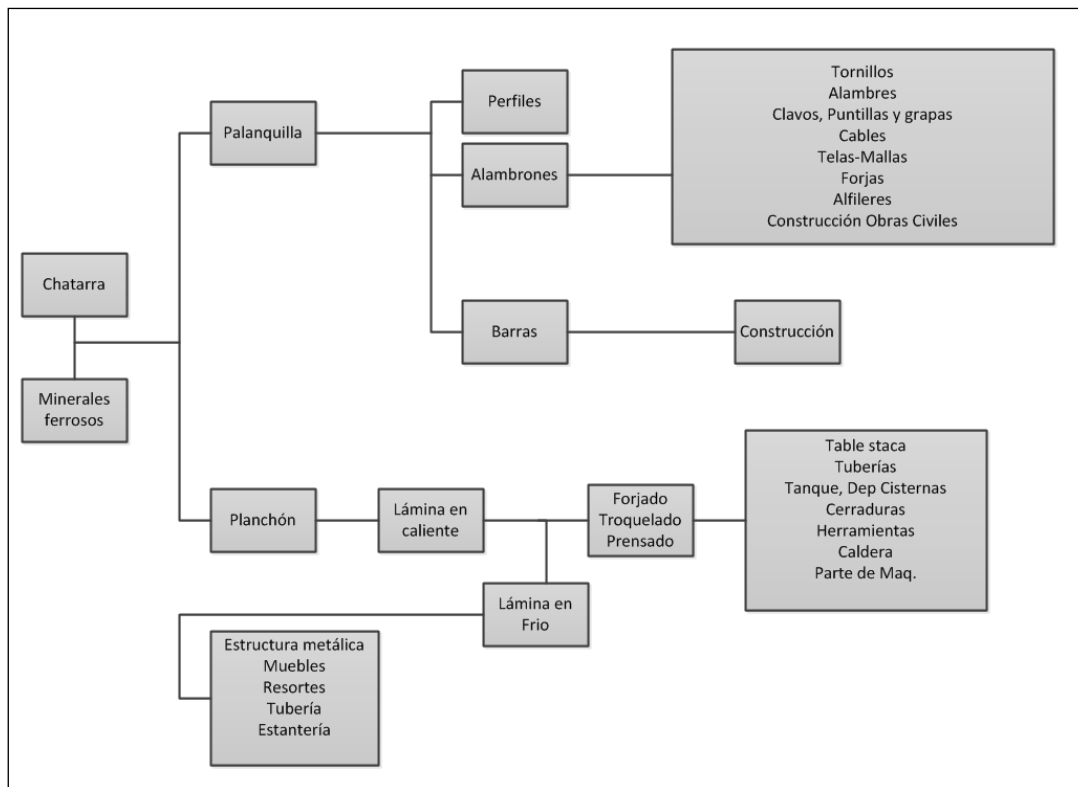


Figura 3 Principales productos del subsector Siderúrgico y Metalmeccánico [6].

**Evaluación de Necesidades Tecnológicas - Mitigación**  
**República de Colombia**

**Tabla 3 Principales variables de la cadena Siderúrgica-Metalmecánica Encuesta Anual Manufacturera 2010. Fuente: [7]**

GRUPOS INDUSTRIALES (CIU)	NÚMERO DE ESTABLECIMIENTOS	PERSONAL OCUPADO	PRODUCCIÓN BRUTA	VALOR AGREGADO	TOTAL ACTIVOS	ENERGÍA ELÉCTRICA CONSUMIDA kWh
<i>Total Nacional</i>	8.905	641.502	153.289.563	67.306.130	101.412.949	14.715.881
<i>Total del sector</i>	1.548	96.182	18.990.916	7.522.851	12.025.178	2.934.066
<i>Peso del Sector en la Industria (%)</i>	17.4%	15.0%	12.4%	11.2%	11.9%	19.9%
<i>271 Industrias básicas de hierro y acero</i>	129	12.698	6.134.044	3.171.754	6.520.985	2.341.846
<i>272 Industrias básicas de metales preciosos y de metales no ferrosos</i>	47	3.242	2.570.053	224.055	393.517	81.570
<i>281 Fabricación de productos metálicos para uso estructural, tanques, depósitos y generadores de vapor</i>	273	14.029	1.684.001	665.845	644.621	43.471
<i>289 Fabricación de otros productos elaborados de metal y actividades de servicios relacionados con el trabajo de metales</i>	387	19.467	2.190.054	948.052	1.272.024	188.869
<i>291 Fabricación de maquinaria de uso general</i>	249	13.065	1.468.631	633.442	657.197	52.804
<i>292 Fabricación de maquinaria de uso especial</i>	257	10.069	862.212	386.822	477.378	42.824
<i>293 Fabricación de aparatos de uso doméstico ncp</i>	28	6.667	898.442	316.532	515.197	40.031
<i>300 Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática</i>	10	332	113.989	26.328	4.115	520
<i>311 Fabricación de motores, generadores y transformadores eléctricos</i>	40	4.933	966.856	390.171	418.065	20.139
<i>312 Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía eléctrica</i>	39	2.841	381.335	160.043	162.848	9.604
<i>313 Fabricación de hilos y cables aislados</i>	9	1.541	798.433	206.071	361.843	46.121
<i>314 Fabricación de acumuladores y de pilas eléctricas</i>	11	1.689	389.370	173.416	268.032	47.839
<i>315 Fabricación de lámparas eléctricas y equipo de iluminación</i>	30	2.033	184.683	70.860	227.943	12.893
<i>319 Fabricación de otros tipos de equipo eléctrico ncp</i>	39	3.576	348.812	149.458	101.412	5.533

Valores en miles de pesos

Teniendo en cuenta algunos de los criterios establecidos para la selección de los subsectores, el estudio se focalizó en el subsector metalmeccánico, en tanto se considera que el subsector siderúrgico tiene capacidad financiera, tecnológica y que debe actuar con responsabilidad social empresarial para acometer acciones de producción limpia y contribuir al desarrollo nacional bajo en carbono, por su propias iniciativas y sin la necesidad de subsidios y programas de cooperación.

El subsector metalmeccánico es extenso y se relaciona con diversas actividades económicas, lo cual dificulta su análisis. Por este motivo, se realizó un trabajo de delimitación del sector con la colaboración de la Cámara de Fedemetal de la ANDI. Este trabajo de delimitación partió de los códigos de clasificación industrial internacional uniforme (CIIU). El subsector metalmeccánico abarca los códigos 27 a 36 de dicha clasificación, en la Tabla 4 se muestran las actividades generales pertenecientes a estos códigos.

**Tabla 4 Códigos CIIU del subsector metalmeccánico**

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD</b>
D27	Fabricación de productos metalúrgicos básicos
D28	Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo
D29	Fabricación de maquinaria y equipo, ncp
D30	Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática
D31	Fabricación de maquinaria y aparatos eléctricos, ncp
D32	Fabricación de equipos y aparatos de radio, televisión y comunicaciones
D33	Fabricación de instrumentos médicos, ópticos y de precisión y fabricación de relojes
D34	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques
D35	Fabricación de otros tipos de equipo de transporte
D36	Fabricación de muebles, Industrias manufactureras, ncp

Con base en el diagnóstico realizado en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y en estudios previos realizados por el grupo GASURE [8, 9] en los que se visitaron alrededor de 80 empresas, así como en los diagnósticos energéticos recientemente efectuados en este trabajo, como también la revisión de experiencias internacionales [10], se identificaron los códigos CIIU del subsector metalmeccánico que emplean procesos de combustión y calentamiento, en la mayoría de los casos a altas temperaturas y con altos consumos de energía térmica, estos códigos CIIU se listan en la Tabla 5.

**Tabla 5 Códigos CIIU del subsector metalmeccánico con procesos de combustión y calentamiento**

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD</b>
<b>D27</b>	<b>Fabricación de productos metalúrgicos básicos</b>
D271000	Industrias básicas de hierro y acero
D272100	Industrias básicas de metales preciosos
D272900	Industrias básicas de otros metales no ferrosos
D273100	Fundición de productos de hierro o acero
D273200	Fundición de metales no ferrosos
<b>D28</b>	<b>Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo</b>
D281100	Fabricación de productos metálicos para uso estructural
D289100	Forja, prensado y laminado de metal; pulvimetalurgia
D289200	Tratamiento y revestimiento de metales; trabajos de ingeniería mecánica en general
D289300	Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería
D289900	Fabricación de otros productos elaborados de metal, ncp
<b>D29</b>	<b>Fabricación de maquinaria y equipo, ncp</b>

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
D291300	Fabricación de cojinetes, engranajes, trenes de engranajes y piezas de transmisión
D292100	Fabricación de maquinaria agropecuaria y forestal
<b>D34</b>	<b>Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques</b>
D343000	Fabricación de partes, piezas y accesorios (autopartes) para vehículos automotores y para sus motores

### 3.2.1 Cadena productiva del subsector metalmeccánico.

La cadena de metalmeccánica se estructura a partir de la transformación de materiales elaborados (acero, aluminio, aleaciones y cobre) u obtenidos a partir de la fusión de chatarra, para producir una diversidad de bienes, que van desde bienes de consumo a bienes de capital. Abarca los subsectores de productos elaborados de metal (280), maquinaria de uso general, no eléctrica (291), maquinaria de uso especial, no eléctrica (292), aparatos de uso doméstico (293), fabricación de maquinaria de oficina (300) y maquinaria y aparatos eléctricos.

En las Figura 4 y Figura 5 se presentan los principales productos del subsector metalmeccánico, como puede observarse son múltiples los usos en los diferentes sectores de la economía, sector que se caracteriza por su eslabonamiento hacia atrás (consume productos de subsector siderúrgico) y hacia adelante (manufactura diversos productos para múltiples sectores de la economía).

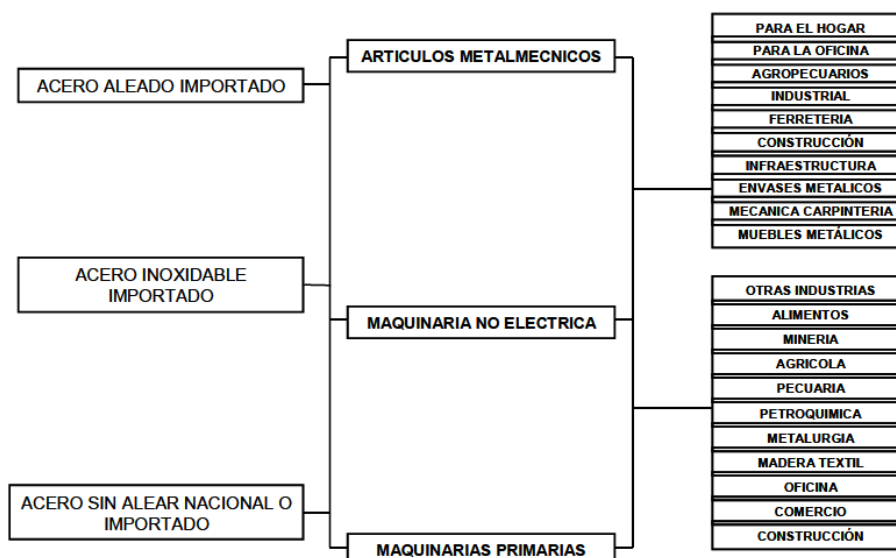


Figura 4 Principales productos del subsector metalmeccánico [6]

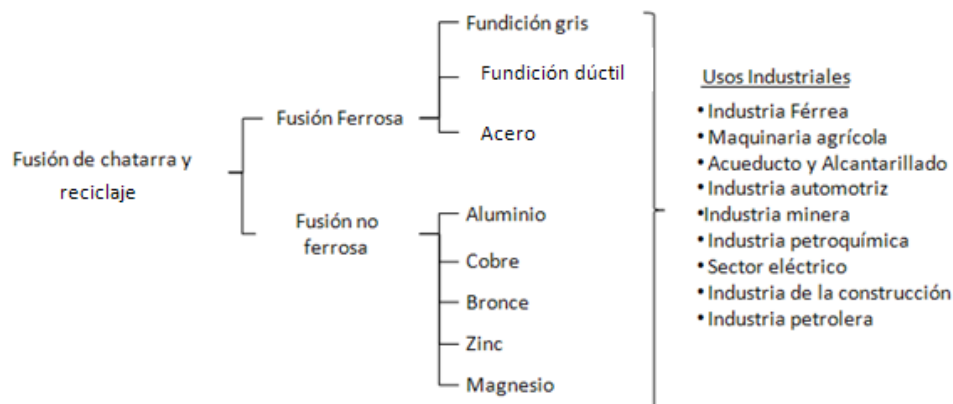


Figura 5 Principales productos del subsector metalmecánico [6]

Una vez identificadas las empresas metalmecánicas con sistemas de combustión y calentamiento, se procedió a identificar los principales procesos empleados, como fusión, forja, tratamientos térmicos, curado de pintura, galvanizado etc. Estos procesos operan a temperaturas mayores de 400 °C, como puede observarse en la Tabla 6, y por lo tanto, son intensivos en energía térmica, obtenida principalmente de la combustión de combustibles fósiles. Si no se implementan sistemas de recuperación de calor para precalentar el aire de combustión y/o la carga, se tienen muy bajas eficiencias energéticas (menores del 30%) y en consecuencia altas emisiones de gases de efecto invernadero. En la Tabla 7 se presentan los procesos de calentamiento empleados en el subsector metalmecánico de acuerdo a los códigos CIU globales.

La fusión consiste en la transformación de un metal en estado sólido a estado líquido, para posteriormente vaciar el líquido en una cavidad que tiene una determinada forma geométrica, cuya solidificación permite obtener el componente o accesorio deseado. La fusión de metales es de dos tipos: fusión ferrosa en la que se obtienen fundiciones gris, dúctil y aceros, la fusión no ferrosa en la que se obtienen componentes de aluminio, cobre, latón bronce, zinc y magnesio. Los rangos de temperatura en la que se realizan estos procesos se presentan en la Tabla 6.

La forja consiste en un proceso de calentamiento de los metales para someterlo a un proceso de deformación plástica, con el propósito lograr una determinada configuración geométrica. Los rangos de temperatura en los que se realizan estos procesos se presentan en la Tabla 6. El tratamiento térmico consiste en el calentamiento de una pieza metálica, la cual ya ha alcanzado su forma comercial, con el propósito de mejorar sus propiedades mecánicas tales como dureza, resistencia a la tracción y resistencia a la fatiga. Dependiendo de las características de los materiales y requerimientos específicos existen diferentes tipos de tratamientos térmicos. Los rangos de temperatura en los que se realizan estos procesos se presentan en la Tabla 6.

El galvanizado es un proceso electroquímico con el propósito de cubrir un metal con otro (comúnmente zinc/hierro), para evitar la oxidación y corrosión cuando un metal se expone a un medio o sustancia agresiva. Existen dos tipos de galvanizado: frío y en caliente, este último consiste en recubrir objetos elaborados de hierro y acero mediante su inmersión en un recipiente que contenga zinc fundido, este proceso se realiza a 450 °C.

El curado es un proceso de calentamiento controlado de una sustancia que se utiliza para promover o controlar una reacción química, es un proceso típico en la aplicación de recubrimientos a materiales metálicos y no metálicos, incluyendo cerámicos y vidrios.

**Tabla 6 Rango de operación de procesos industriales a alta temperatura.**

PROCESO INDUSTRIAL	TEMPERATURA DE OPERACIÓN (°C)
<i>Fundición de Aluminio</i>	647 – 757
<i>Fundición de Cobre</i>	1147 – 1257
<i>Fundición de Latón</i>	927 – 997
<i>Fundición de Bronce</i>	887 – 1057
<i>Fundición de Hierro</i>	1317 – 1707
<i>Fundición de Acero</i>	1400 – 1700
<i>Fundición de Vidrio</i>	1257 – 1647
<i>Tratamiento térmico del Acero</i>	377 – 977
<i>Galvanizado en caliente</i>	427 – 560
<i>Deformación plástica</i>	400 – 1300

**Tabla 7 Procesos de calentamiento empleados en el subsector metalmeccánico de acuerdo a la actividad comercial según el código CIU.**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	PROCESOS DE CALENTAMIENTO
<i>D27</i>	<i>Fabricación de productos metalúrgicos básicos</i>	Fusión de metales ferrosos
		Fusión de metales no ferrosos
		Tratamiento térmico de metales
<i>D28</i>	<i>Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo</i>	Fusión de metales no ferrosos
		Forjado
		Secado de material
		Secado de pintura
		Galvanizado
		Tratamiento térmico de metales
<i>D29</i>	<i>Fabricación de maquinaria y equipo, ncp</i>	Tratamiento térmico de metales
		Secado y curado de pintura
		Fusión de metales no ferrosos
		Fusión de metales ferrosos
<i>D34</i>	<i>Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques</i>	Fundición de metales ferrosos
		Fundición de metales no ferrosos
		Secado de pintura
		Secado de material
		Recubrimiento de metales
		Forjado
<i>D36</i>	<i>Fabricación de muebles, Industrias manufactureras, ncp.</i>	Recubrimiento de metales
		Porcelanizado
		Secado de pintura
		Secado de material



### 3.3 Descripción subsector cerámico y ladrillo.

#### 3.3.1 Subsector cerámico.

La industria cerámica la constituyen los productos resultantes de la fabricación industrial de artículos de barro, loza y porcelana. Tienen la característica de que son un conjunto de productos relativamente homogéneos en cuanto a materia prima, usos finales y tecnologías de producción. La clasificación del subsector según el código CIU, y que presentan procesos de calentamiento se enlistan en la Tabla 8 siendo más representativo en valor de producción, la fabricación de cerámicos no refractarios para uso no estructural como artículos de cocina, artículos sanitarios y artículos decorativos.

Tabla 8 Códigos CIU del subsector cerámico con procesos de combustión y calentamiento [11]

DESCRIPCIÓN	CÓDIGO CIU
<i>Fabricación de Productos de Cerámica no refractaria para uso no estructural:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fabricación de objetos de barro, loza y porcelana</i></li> <li>• <i>Fabricación de vajillas, artículos de cocina y de cerámica</i></li> <li>• <i>Fabricación de artículos decorativos y artísticos de loza o porcelana</i></li> </ul>	D269100 al D269110
<i>Fabricación de productos de cerámica refractaria:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>cerámica refractaria para la construcción como ladrillos, bloques, losetas y similares</i></li> <li>• <i>Cerámica refractaria para aislamiento térmico o acústico</i></li> <li>• <i>cerámica refractaria para la industria metalúrgica y química como retortas, crisoles, muflas</i></li> <li>• <i>Fabricación de cementos refractarios para revestimiento interno de hornos</i></li> </ul>	D269200 al D269204
<i>Fabricación de otros productos minerales no metálicos ncp</i>	D269900
<i>Fabricación de artículos de asfalto como losas, losetas, ladrillos, etcétera</i>	D269906

El subsector cerámico en Colombia está altamente concentrado, donde más del 80% de la producción pertenece a cuatro empresas: ColCerámica SA (Grupo Corona), Cerámica Italia (10% del mercado de pisos en el país), Alfagrés SA y Eurocerámica [12]. Aunque, según los registros de la encuesta anual manufacturera del DANE, para el año 2007 en Colombia se registra un total de 52 empresas dedicadas a éste subsector En la Tabla 9 se relaciona el número de establecimientos y el tipo de producto.

Teniendo en cuenta algunos de los criterios establecidos para la selección de los subsectores, el estudio se focalizó en el subsector ladrillero, en tanto se considera que el subsector Cerámico tiene capacidad financiera, tecnológica y que debe actuar con responsabilidad social empresarial para acometer acciones de producción limpia y contribuir al desarrollo nacional bajo en carbono, por su propias iniciativas y sin la necesidad de subsidios y programas de cooperación.

Tabla 9 Número de establecimientos registrados en 2007 pertenecientes al subsector cerámico Fuente DANE

NOMBRE	ESTABLECIMIENTOS
<i>Baldosas y azulejos</i>	38
<i>Cerámica de arcilla común cocida</i>	Nd
<i>Locería y otras cerámicas</i>	7
<i>Porcelana sanitaria</i>	3
<i>Porcelana uso industrial y eléctrico</i>	4

El valor de la producción del subsector cerámico en Colombia para el año 2007 (para los productos descritos en la Tabla 10), representa un valor de producción de \$708000 millones de pesos, con un crecimiento promedio del 11% desde 2002 a 2007 [12]. Es de aclarar que los productos enlistados en la Tabla 9 no son la totalidad de la oferta nacional en cerámicos.

**Tabla 10 Valor de la producción subsector cerámico. Fuente DNP 2004.**

DESCRIPCIÓN PRODUCTO	PRODUCCIÓN (MILLONES DE PESOS)		
	2005	2006	2007
<i>Ladrillo refractario</i>	17771	20717	21233
<i>Bloques de arcilla refractaria</i>	5389	9723	11557
<i>Azulejos y baldosas de porcelana</i>	446320	481501	539100
<i>Enchapes de arcilla para construcción</i>	11412	13118	16487
<i>Baldosa de gres</i>	40882	49484	55442
<i>Lavamanos de loza o porcelana</i>	41714	62813	60822
<i>Accesorios de loza o porcelana para uso eléctrico</i>	2597	3091	3362
<b>Total (millones de pesos)</b>	<b>\$ 566089</b>	<b>\$ 640449</b>	<b>\$ 708005</b>

Para el año 2010, los ingresos operacionales de las mayores empresas cerámicas en Colombia (representan más del 80% del mercado) suman 1'731.240 millones de pesos, con un crecimiento sostenido entre el 9% y 11% desde 2009. En la Tabla 11 se detalla el ingreso operacional de cada una de las empresas.

**Tabla 11 Ingresos operacionales de las empresas del subsector cerámico en Colombia en 2010.**

EMPRESA	INGRESOS OPERACIONALES (MILLONES PESOS) 2010
<i>Grupo Corona</i>	\$1'133.139
<i>Alfagrés</i>	\$366.694
<i>Cerámica Italia</i>	\$104.801
<i>Euro Cerámica</i>	\$91.811
<i>Erecos</i>	\$34.795
<b>Total</b>	<b>\$1'731.240</b>

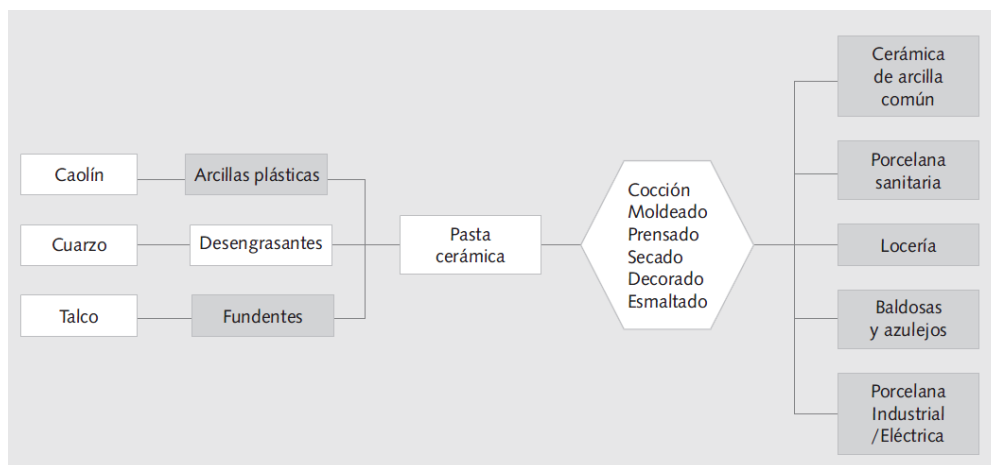
### **Proceso productivo subsector cerámico [13, 14]**

Las fuentes de materias primas de la cadena de la cerámica son principalmente el subsector minero y el químico. La materia prima principal del proceso de fabricación de la cerámica, es la arcilla [5]. Existe una gran variedad de arcillas utilizadas en la fabricación de cerámica, las diferencias se reflejan en su composición química que afecta directamente en las propiedades físico-químicas de los productos obtenidos y en las emisiones residuales, generadas durante todo el proceso. También se utilizan en menor proporción otras sustancias como: cuarzo, arena, feldespatos, granito, etc.

La elaboración industrial de productos cerámicos requiere de tres componentes básicos: plásticos, que aportan maleabilidad; no plásticos, evitan deformaciones o grietas y fundentes, que rebajan la temperatura de vitrificación de la cerámica haciéndola densificar más rápidamente. A diferencia de lo que sucede con los demás sectores pertenecientes al cemento y vidrio, el subsector de la cerámica incorpora mayor porcentaje de materias primas importadas: resinas, pigmentos y lacas que no se producen actualmente en el país a excepción de suministros de Colombia (SUMICOL).

El proceso productivo general cuenta con siete etapas básicas: inicia con la extracción de los insumos del subsector minero: arcillas, feldespatos (...), continúa con la recepción y

almacenamiento de materias primas, molienda, conformado; compuesto por el amasado y moldeado de las materias primas plásticas, no plásticas y fundentes, luego se prosigue al secado, la cocción a temperaturas entre 1200 y 1500 °C, y finalmente el almacenamiento del producto en bodega [12]. Ver Figura 6



**Figura 6 Cadena productiva del subsector cerámico.**

Fuente: Análisis de las cadenas productivas. DNP, 2004

Ampliando la perspectiva al conjunto de la rama cerámica, es necesario destacar otras tres actividades fundamentales que, junto con la producción del azulejo, forman la base de esta rama productiva: la extracción y preparación de arcillas, la industria de fritas, esmaltes y colorantes y la producción y reparación de maquinaria.

### 3.3.2 Subsector ladrillero.

En Colombia, el subsector ladrillero y cerámico está clasificado en ocho categorías según el sistema de códigos CIU, de los cuales la fabricación de productos de arcilla para la construcción, ladrillos, baldosas y tejas (D269301), la fabricación de vajillas, artículos de cocina y de cerámica, fabricación de artículos decorativos y artísticos de loza o porcelana, tienen un alto impacto social, por lo que gran parte de la producción se realiza en microempresas ubicadas en sectores rurales y emplea mano de obra no calificada. En la Tabla 12 se identifican los procesos constitutivos del subsector con su respectivo código CIU, y que emplean procesos de calentamiento.

**Tabla 12 Códigos CIU del subsector ladrillero con procesos de combustión y calentamiento**

DESCRIPCIÓN	CÓDIGO CIU
<i>Fabricación de productos de arcilla y cerámica no refractarias, para uso estructural:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fabricación de productos de arcilla para la construcción, ladrillos, baldosas y tejas</i></li> <li>• <i>Fabricación de tubos y accesorios de arcilla</i></li> <li>• <i>Fabricación de baldosas y losas para pavimentos, losetas para la pared de chimeneas, cubos de mosaico y productos de cerámica esmaltados o no</i></li> <li>• <i>Fabricación de chimeneas</i></li> </ul>	D269300 al D269303

La producción de ladrillos en Colombia se encuentra dividida en las siguientes regiones:

- Bogotá: Oriente, Usme, Mochuelo, Soacha, Molinos, Nemocón

- Norte de Santander: Cúcuta, Ocaña y Pamplona
- Santander: Bucaramanga, San Gil
- Valle del Cauca
- Cauca
- Eje Cafetero
- Antioquia
- Nariño

Para el año 2007, el valor de la producción del subsector ladrillero considerando los principales productos del subsector como: ladrillo común, ladrillo prensado, ladrillo hueco, teja de arcilla y enchapes de arcilla para construcción, según la encuesta anual manufacturera del DANE de 2007 (es la más reciente publicada), el valor total de la producción del subsector ladrillero es de \$184 442 millones de pesos. En la Tabla 13 se describe la cantidad y valor de producción según producto.

**Tabla 13 Cantidad y valor de la producción en subsector ladrillero. Fuente Encuesta anual manufacturera DANE 2007**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PRODUCCIÓN. (MILES UNIDADES)	VALOR PRODUCCIÓN. (MILLONES PESOS)	CANTIDAD VENDIDA.	VALOR VENTAS. (MILLONES PESOS)
<i>Ladrillo refractario*</i>	2 874	20 717	2 655	19 125
<i>Ladrillo común</i>	295 523	136 269	295 229	140 077
<i>Ladrillo prensado</i>	71 636	26 388	65.68	25 171
<i>Ladrillo hueco</i>	430 221	195 172	429 603	196 333
<i>Ladrillo sin cocinar</i>	720	310	720	310
<i>Teja de arcilla</i>	52 936	31 201	51 339	29 096
<i>Enchapes de arcilla para construcción</i>	108 805	16 487	106 695	15 297
<b>TOTAL</b>	<b>1 680 882</b>	<b>184 442.86</b>	<b>1 671 986</b>	<b>73 764</b>

\*Valores de 2006

A nivel nacional, se han desarrollado varios estudios de diagnóstico y caracterización del subsector ladrillero en Colombia. El más completo hasta el momento es el “Estudio de Diagnóstico de la Industria Ladrillera realizado por ANFALIT en 2002 [15]. Si bien se han realizado estudios más recientes como: “CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LA INDUSTRIA LADRILLERA” *Documento resumen que muestra de manera general las características principales de la industria ladrillera existente en Colombia.* Realizado por el programa eficiencia energética en ladrilleras artesanales – EELA- en 2011. [14], los datos y la información que éste contiene son basados de estudios realizados en 1996. Igualmente ocurre con el informe “CARACTERIZACIÓN DE LOS HORNOS USADOS EN LA INDUSTRIA LADRILLERA -Proyecto Colombia. Publicado en 2011 [16], y el estudio titulado: “CARACTERIZACIÓN DE LA INDUSTRIA DE LA ARCILLA” realizado el centro regional minero, seccional Boyacá, SENA, 2003 [17]. De modo que el estudio sectorial más completo y reciente disponible sobre la situación de la industria del ladrillo a nivel nacional, es el realizado por ANFALIT en 2002; para el segundo semestre de 2012 esta asociación ha anunciado un informe actualizado del subsector, del cual se estará pendiente para su análisis.

En Colombia hay un total de 1935 empresas registradas que se dedican a la elaboración de productos de arcilla y ladrillos. Este número cubre a grandes empresas tecnificadas y a pequeños locales artesanales con elaboración de productos a mano. De las cuales el 88% se encuentran aún activo. La distribución entre gran empresa, mediana y pequeña es la

siguiente: 2.7% son grandes empresas, 4.7% son medianas, 8.3% son pequeñas empresas, 12.7% son chircales mecanizados y el 71.7% son chircales artesanales; un chircal es una unidad productiva que funciona según la demanda, y los trabajadores no presentan dedicación exclusiva en la labor [18].

La distribución de estas empresas en las regiones de Colombia son las siguientes: 38.9% Zona centro; Cundinamarca Boyacá, el 18.5% en Bogotá, 14.4% en el Valle del Cauca y Cauca, 12.6% Nariño, 5.7% el Caribe, 4.5% Norte de Santander, y el 2.5% Antioquia. La producción nacional para 2002 es de 386221 Ton/ mes, donde las empresas catalogadas como gran industria representan el 52.48% del total de la producción, las empresas medianas el 24.3%, la pequeña industria el 11.1%, y los chircales el restante 12.01% El valor de la producción se estima en \$31660 millones de pesos por mes [18]

El número de empleos que genera el subsector es 12271 empleos directos, 12668 indirectos y 3982 temporales, para un total de 28992 personas que dependen del subsector ladrillero.

#### **Proceso productivo subsector ladrillero [13, 14].**

El ladrillo es un componente cerámico artificial de construcción, compuesto básicamente por arcilla cocida. El ladrillo se emplea para la construcción en diversos elementos constructivos, como muros, tabiques, hornos, etc. Las dimensiones del ladrillo están estandarizadas.

#### *\*Tipos de ladrillo*

Hay diversas formas de clasificar a los ladrillos Por la forma se clasifican en:

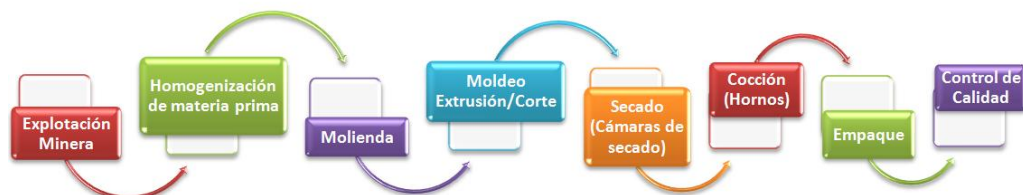
- Ladrillo macizo: es el que tiene menos de 10% de perforaciones en su tabla Algunos modelos tienen rebajes en las tablas y testas, para obtener muros sin llagas Ladrillo perforado: poseen más de 10% de perforaciones en la tabla Son muy empleados en la construcción de fachadas.
- Ladrillo manual: es una imitación de los ladrillos artesanales, su apariencia es tosca y rugosa Tienen buenas propiedades ornamentales.
- Ladrillo hueco: es el que tiene perforaciones en los cantos o testas, para reducir el volumen de cerámica y hacerlos más livianos Se emplean en tabiques y elementos constructivos que no están sometidos a esfuerzos Pueden ser de distintas clases, según la cantidad de huecos que tengan, de hueco simple, tiene una hilera de perforaciones en la testa; de hueco doble, tiene dos hileras de perforaciones en la testa.

#### *\*Fabricación*

La principal materia prima utilizada en la elaboración del ladrillo es la arcilla, que es un material plástico natural, con gran contenido de agua, lo cual le permite ser moldeada. Al perder el contenido de agua, adquiere dureza, la cual aumenta considerablemente luego de la cocción el proceso de producción del ladrillo comprende varios pasos. En la Figura 7 se muestra el proceso general en la fabricación de los ladrillos:

- Maduración: la arcilla debe ser sometida a ciertos tratamientos antes de emplearla para la fabricación del ladrillo, para obtener la consistencia y uniformidad, necesarias.
- Tratamiento previo de la arcilla, para purificar y refinar la materia prima.
- Depósito de la materia prima procesada, para que la materia prima acabe de homogeneizarse
- Humidificación: es necesario agregar agua antes del moldeo, para darle la consistencia precisa para la manipulación.

- Moldeado: en las fábricas de ladrillo, el moldeado consiste en el extrusado de la arcilla, o sea hacerla pasar por la extrusora, que es una boquilla que forma un largo prisma rectangular, llamado chorizo, que luego se corta del largo del ladrillo.
- Secado: la masa moldeada debe secarse, para perder el agua que se le agregó para el moldeado, de modo que no haya fisuras, y queda listo para la cocción.
- Cocción: la cocción del ladrillo, se realiza en hornos de túnel, a temperaturas que oscilan entre 900 y 1000°C la temperatura en el interior del horno varía de forma uniforme. El material se coloca en carros, y el horno es alimentado de continuo por uno de los extremos del túnel, y sale por el opuesto cuando está cocido.



**Figura 7 Cadena Productiva Industria Ladrillera. [13, 14]**

## CAPÍTULO 4. PRIORIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL SUBSECTOR METALMECÁNICO

### 4.1 Proceso de selección de las tecnologías para la mitigación del cambio climático.

#### 4.4.1 Tecnologías existentes en el subsector metalmecánico.

A partir del reconocimiento de las actividades y procesos de los diferentes subsectores, se identificaron las principales tecnologías de combustión y calentamiento empleados por la industria metalmecánica con proceso de alta temperatura, estos resultados se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14 Principales procesos y equipos de combustión y calentamiento empleados en el subsector metalmecánico

NO	PROCESOS IDENTIFICADOS	TECNOLOGÍAS DE COMBUSTIÓN Y CALENTAMIENTO
1	<i>Fusión de ferrosos</i>	Horno cubilote
		Horno de inducción
		Horno arco eléctrico
2	<i>Fusión de no ferrosos</i>	Horno de crisol
		Horno de inducción
		Horno reverbero
3	<i>Tratamientos térmicos</i>	Horno de baño de sales
		Hornos de calentamiento directo
		Hornos de atmósfera controlada
		Hornos eléctricos de resistencias
4	<i>Secado, curado y porcelanizado de pintura y recubrimientos</i>	Cabinas tubos radiantes
		Hornos eléctricos de resistencias
		Hornos de calentamiento mediante placas radiantes
		Hornos de convección forzada con aire caliente
5	<i>Calentamiento y secado de materia prima</i>	Hornos de convección forzada con aire caliente y quemadores de vena de aire
		Hornos eléctricos de resistencias
6	<i>Deformación caliente</i>	Fraguas de forjado
		Equipos de inducción
7	<i>Vulcanizado</i>	Planchas de vulcanizado
8	<i>Galvanizado y recubrimientos</i>	Cubas galvanizado
		Tanques con baños calentados por resistencias

En general los diagnósticos energéticos realizados en este estudio y otros efectuados por el grupo GASURE, en PYMES del subsector metalmecánico con procesos de combustión y calentamiento a alta temperatura, revelan que son equipos de gran obsolescencia tecnológica y baja eficiencia térmica. En la Figura 8 se presentan algunos equipos de combustión y calentamiento utilizados en las PYMES del subsector, en los cuales puede evidenciarse el grado de obsolescencia tecnológica.



**Figura 8** Sistemas de combustión con combustibles atípicos

Se ha observado en el subsector de tratamientos térmicos y deformación plástica el uso de resistencias eléctricas como medio de calentamiento a alta temperatura, con consumos elevados de energía que podrían ser rebajados con la implementación de tecnologías apropiadas con gas natural y así mejorar su competitividad y productividad. En la Figura 9 se presentan algunos sistemas de calentamiento con resistencias eléctricas.





Figura 9 Sistemas de calentamiento con resistencias eléctricas.

#### 4.1.2 Tecnologías eficientes para el subsector metalmeccánico.

En la Figura 10 se presenta la metodología seguida para la identificación y selección de las tecnologías de última generación para los dos subsectores.

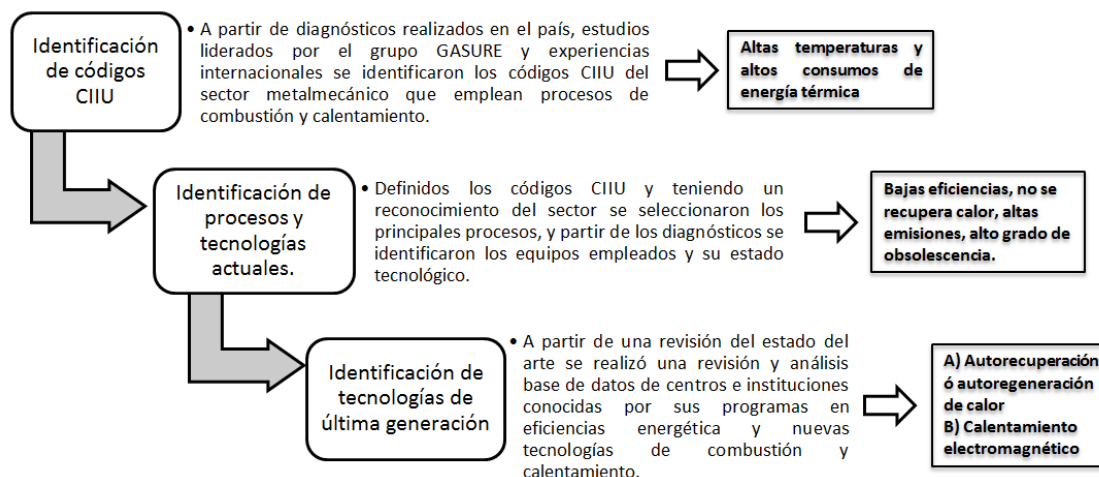


Figura 10 Metodología para la selección de nuevas tecnologías sector metalmeccánico

A continuación se describen las dos grandes familias de tecnologías de nueva generación y alta eficiencia energética las cuales se vislumbran como opciones para el subsector metalmeccánico con procesos de alta temperatura:

#### A. Equipos de combustión y calentamiento de alta eficiencia energética, con auto recuperación o auto regeneración de calor.

En tanto se trata de procesos con alta temperatura, la situación que se presenta es que los gases de combustión tienden a salir de los equipos a una temperatura mayor o igual a la del proceso, con lo cual si no hay recuperación calor, la eficiencia energética se reduce significativamente. Es por ello que la nuevas tecnologías (quemadores y hornos) incorporan

sistemas de auto recuperación o auto regeneración de calor para precalentar el aire de combustión o la carga u objeto a calentar, con lo cual se incrementan significativamente la eficiencia energética, el ahorro de combustible y en consecuencia las emisiones de gases de efecto invernadero, siendo este último el parámetro más significativo cuando la aplicación de una tecnología de combustión con recuperación de calor va acompañada del uso del gas natural. En la

Tabla 15 se presenta para diferentes temperaturas de procesos el porcentaje de ahorro de combustible que se puede obtener, cuando se precaliente el aire combustión, utilizando las tecnologías auto-regenerativa de recuperación de calor [8].

**Tabla 15 Ahorro de combustibles cuando se aplican nuevas tecnologías de recuperación de calor en procesos de alta temperatura. Fuente: [8]**

TEMPERATURA DE PROCESO (°C)	TEMPERATURA DE AIRE (°C)	AHORRO DE GAS (%)
400	350	13
450	399	16
500	448	18
550	495	20
600	542	22
650	565	24
700	615	26
750	660	29
800	712	31
850	738	33
900	785	36
950	835	38
1000	885	42
1150	1004	48
1200	1052	52
1250	1085	54
1300	1136	58
1350	1174	61
1400	1225	65
1450	1271	67
1500	1381	70

A manera de ilustración, en un proceso de fusión de cobre, el cual se caracteriza por una temperatura de fusión de aproximadamente 1200°C al aplicar tecnologías auto regenerativas de recuperación de calor el aire de combustión se puede precalentar a 1052°C con lo cual se obtendría un ahorro de combustible de 52% con respecto a la aplicación de las tecnologías convencionales sin recuperación de calor.

### **B. Equipos con calentamiento electromagnético.**

La aplicación de la energía eléctrica en el calentamiento de materiales se basa en la utilización de la corriente eléctrica y los campos electromagnéticos, lo cual puede realizarse mediante dos métodos [8]:

- **Método directo:** Consiste en la generación de calor al interior del objeto a calentar mediante los siguientes mecanismos: circulando una corriente eléctrica a través de él, induciendo una corriente en el material a través de un campo electromagnético, excitando átomos y moléculas en el material por medio de la incidencia de radiación electromagnética.

- **Método indirecto:** Usa alguno de los tres mecanismos anteriormente descritos para calentar un elemento y su superficie, la cual actúa como medio intermediario para la generación y transmisión hacia el objeto a calentar, realizándose la transferencia de calor por alguno o combinación de los modos conocidos de transferencia de calor: conducción, radiación y convección.

Los sistemas que se han venido desarrollando para el calentamiento con energía eléctrica son los siguientes: hornos de arco eléctrico, sistema de calentamiento eléctrico por infrarrojo, sistema de inducción de calentamiento y fusión, calentamiento y fusión por efecto Joule

Los beneficios que presentan las tecnologías de calentamiento de nueva generación basadas en combustibles fósiles, particularmente gas natural, y electricidad, son las siguientes:

- Altas eficiencias energéticas, mayores entre dos y tres veces las eficiencias de los equipos convencionales, en consecuencia significativa reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero, las cuales son nulas si la tecnología es eléctrica y esta es generada mediante fuentes renovables.
- La mayor productividad de proceso en los procesos de calentamiento, al poder obtener mayor intensidad en el flux de calor y distribuciones uniformes de temperatura.
- Nulas (en el caso de equipos eléctricos) o muy reducidas emisiones contaminantes del tipo óxido nitroso, óxido de azufre, monóxido de carbono y material particulado.
- Excelentes condiciones de salud ocupacional, con lo cual se dignifican a los operarios en su condición humana y se mejora significativamente la productividad laboral.

En este contexto y con base en la revisión del estado del arte, en la que se realizó una revisión y análisis base de datos de centros e instituciones conocidas por sus programas en eficiencias energéticas y nuevas tecnologías de combustión (Ver Anexo 2), se identificaron una serie de tecnologías para mejorar la productividad y disminuir el consumo de energía y por tanto la emisión de gases de efecto invernadero del subsector metalmeccánico. Las tecnologías seleccionadas son tecnologías maduras que ya se encuentran en etapa de comercialización, pero que en el subsector metalmeccánico colombiano aún no han sido transferidas ni adaptadas.

En la

Tabla 16 se resumen las tecnologías eficientes que pueden ser empleadas por el subsector metalmeccánico.

**Tabla 16 Tecnologías eficientes para el subsector metalmeccánico Enfoque por tecnología**

TECNOLOGÍA	PROCESO					
	Fusión ferrosos	Deformación en caliente	Fusión no ferrosos	Recubrimiento de metales	Tratamientos térmicos	Secado y curado
Cokeless cúpula	X					
Horno de crisol			X		X	
Quemadores auto-regenerativos				X	X	
Horno compacto con quemadores de alta velocidad y auto-regenerativos		X				

TECNOLOGÍA	PROCESO					
	Fusión ferrosos	Deformación en caliente	Fusión no ferrosos	Recubrimiento de metales	Tratamientos térmicos	Secado y curado
Hornos eléctricos de inducción	X	X	X		X	
Quemadores auto-recuperativos		X	X		X	
Quemadores auto-regenerativos		X	X	X	X	
Horno de torre para fusión de no ferrosos			X			
Quemadores de tubo radiante con recuperación de calor		X			X	X

## 4.2 Criterios de priorización y asignación de calificación por subcriterios para cada tecnología.

En el Anexo 3 se describe la metodología de análisis multicriterio seguida para consolidar las tecnologías priorizadas a partir de las propuestas en la

Para cada uno de los subcriterios se asignó una calificación en los rangos establecidos en la Tabla 71 (Ver Anexo 3), cada tecnología presenta un grado de satisfacción diferente, de lo cual depende su calificación. Los valores fueron asignados por el equipo consultor, experto en sistemas y equipos de calentamiento y combustión, la justificación de estas calificaciones se presentan a continuación para todas y cada una de las tecnologías:

- **Financieros.**

En este caso la mayoría de tecnologías tienen una calificación de 5 (según la escala de medida es la máxima calificación) debido a la TIR que tiene un valor mayor al 10%, con excepción del horno de Cokeless cúpula y el de inducción (la interpretación económica para estos valores se presenta en la Tabla 70 del Anexo 3). En la Tabla 17 se muestra la TIR y las condiciones bajo las cuales se hizo el cálculo de este parámetro económico.

**Tabla 17 Condiciones para el cálculo de la TIR**

Nueva tecnología	Tecnología de comparación	TIR (%)	Factor de utilización	Proceso	Producción anual (Ton/año)	Combustible actual/nuevo
Horno Cokeless Cúpula	Cúpula convencional	-0.08	50	Fusión de acero	12.960	Coque/GN
Horno de Inducción	Cúpula convencional	1.59	50	Fusión de acero	12.960	Coque/Electricidad
Horno de Crisol Auto-	Crisol convencional	14.74	100	Fusión de aluminio	576	GN/GN

<i>regenerativo</i>						
<i>Horno de torre</i>	Reverbero	43.75	80	Fusión de aluminio	17.280	GN/GN
<i>Horno Rotatorio</i>	Reverbero	71.24	50	Fusión de aluminio	5.616	GN/GN
<i>Horno Compacto</i>	Horno tipo Batch	64.42	80	Forjado de acero	2.074	GN/GN
<i>Quemadores Auto-recuperativos</i>	Quemador convencional	143.65	80	Tratamiento térmico: Revenido	6.322	GN/GN
<i>Quemadores Auto-regenerativos</i>	Quemador convencional	48.57	50	Tratamiento térmico: Temple	14.801	GN/GN

Una variable que tiene fuerte incidencia en la estimación de la TIR es el costo de operación de cada tecnología asociada al precio del energético usado. Para el nivel de consumo energético de las pymes en los subsectores seleccionados, el kWh utilizando electricidad es de 300 pesos colombiano y 80 pesos colombianos utilizando gas natural. Otras variables con efectos importantes son el incremento de la eficiencia energética con respecto a la línea base al usar la nueva tecnología y el factor de utilización de la tecnología.

### **Beneficios económicos.**

*BE1 – Mejora de la productividad y competitividad de las Pymes (reducción de costos, mejora del proceso de calentamiento y calidad de los productos).*

Revisando el grado de satisfacción del primer subcriterio BE1, se tiene que en general las tecnologías evaluadas generan un incremento en la productividad y la competitividad de las PYMES, en un rango de medio a alto, por lo cual todas las tecnologías tienen calificaciones mayores o iguales a 7.

El horno de inducción se le asignó una calificación de 9 debido a que los tamaños de escala de esta tecnología se acomodan bien a las capacidades de producción de medianas, pero no necesariamente a pequeñas empresas, y además la alta eficiencia de este tipo de tecnología hace que la productividad se incremente. Para el horno de crisol autoregenerativo también se tiene una calificación alta de 8, lo cual se debe a que esta tecnología tiene una alta eficiencia, y la capacidad de producción se acomoda perfectamente a las pymes. Para los hornos Cokeless cúpula, de torre y el rotatorio, se tiene una calificación de 7, esto debido a que la capacidad de producción de estos hornos está por encima del nivel de producción que tienen las PYMES actualmente en el país. El horno compacto aunque tiene una alta eficiencia y el nivel de producción de este horno se acomoda bien a la industria actual, tiene una calificación de 7 debido a que no ha sido probado todavía para producción a nivel industrial. Por último para los quemadores autorecuperativo y autoregenerativo se tiene una calificación de 7.5 para cada uno, debido a que para su implementación debe primero evaluarse las condiciones actuales de los hornos donde estos se instalaran, si estos se encuentran en condiciones deficientes, la ventaja comparativa de aplicar quemadores de lata eficiencia se reduce significativamente.

*BE2 – Contribución al desarrollo sectorial*

Para el otro subcriterio económico BE2, se tiene que en general todas las tecnologías de combustión evaluadas para calentamiento y fusión en el subsector metalmecánico, presentan una calificación entre media y alta, asignándosele al horno de inducción una calificación de 9.5, el cual al contar con una altas eficiencia y con emisiones de contaminantes nulas, se

convierte en una tecnología muy atractiva, desde este punto de vista. En segundo lugar se encuentra el horno de crisol autoregenerativo con una calificación de 9.2 esto gracias a su sistema de combustión altamente eficiente, la alta reducción en emisiones contaminantes (a pesar de tener como energético un combustible gaseoso) y además cuenta con la importante ventaja de ser producido a nivel nacional.

### **Beneficios sociales.**

#### *BS1 – Condiciones de salud ocupacional en los recintos de la PYMES.*

En general todas las tecnologías propuestas generan mejoras en las condiciones de salud ocupacional. Se destaca el horno de inducción con la calificación más alta, esto debido a que el nivel de ruido de este horno es muy bajo, y la emisión de gases contaminantes es casi nula (exceptuando los gases que pueden provenir de la fusión del acero), además la cantidad de operarios que requiere para su manejo es realmente baja. En segundo lugar se tiene al horno de crisol autoregenerativo con una calificación de 9, la cual se le asigna por su facilidad de operación, las bajas temperatura en las paredes del horno y un grado de emisión de gases contaminantes por tener como energético gas natural. Los quemadores autorecuperativo y autoregenerativo tienen una calificación de 8 debido a que la seguridad de operación de estos quemadores no depende solo de ellos mismo, sino del sistema de combustión en el que estos sean ubicados. El horno Cokeless cúpula y el horno de torre tiene una calificación de 8, lo cual establece que se tienen mejoras, pero comparadas con otras tecnologías son más bajas, esto debido principalmente al tamaño de estos tipos de tecnología, y por esta misma razón al horno rotatorio se le asigna una calificación de 7, la cual es más baja que la de los hornos anteriores debido a que el hecho de que esta tecnología se encuentre en movimiento rotacional genera algún riesgo para el personal de la planta.

#### *BS2 – Conservación y creación de nuevos empleos (mejora en la competitividad de las pymes).*

A la mayoría de tecnologías se les asignó una calificación de 3 debido a que al implementar estas tecnologías, posiblemente se presente una disminución en la mano de obra de la compañía, debido a que la cantidad de personal que se requiere para operar estas tecnologías es menor o como máximo igual a la misma que se requiere normalmente con tecnologías convencionales. La única tecnología a la que se le ha dado una calificación de 1 es al horno de inducción debido a que su operación es muy sencilla y requiere muy poco personal, lo que generaría una reducción considerable en la mano de obra.

#### *BS3 – Distribución del ingreso por el fortalecimiento de PYMES competitivas.*

Para este subcriterio a las tecnologías evaluadas se les asigna una calificación de media a alta, pero en general las tecnologías en las que la capacidad de producción se ajusta a la producción de la industria nacional se le asignado una calificación de 8, mientras que para las tecnologías en las que la producción nominal sobrepasa en gran medida la producción de las empresas de Colombia (Cokeless cúpula, torre y rotatorio) se les ha asignado una calificación de 7.

#### *BS4 – Aprendizaje tecnológico como resultado de la transferencia tecnológica.*

Para este subcriterio se tiene que tanto el horno de crisol autoregenerativo como el horno compacto de quemadores regenerativos al ser tecnologías desarrolladas en el país, presentan el grado de satisfacción más alto, por lo que se les ha asignado una calificación de 10. Los hornos Cokeless cúpula, rotatorio y los quemadores auto-recuperativos y autoregenerativos presentan un aprendizaje tecnológico entre medio y bajo, dado a que aunque algunas de ellas han sido implementadas en el país o presentan un grado de complejidad de sistema bajo, por

lo que se les ha asignado una calificación de 7, ya que estas pueden presentar un buen grado de aprendizaje para dominar estas tecnologías. Las calificaciones más bajas se le asignado a los hornos de torre y de inducción con una calificación de 4 y 3 respectivamente, esto debido a la alta complejidad de sus sistemas, por lo que es difícil pensar en un domino de estas tecnologías y lograr reproducirlas a nivel nacional.

### **Beneficios ambientales.**

#### *BA1-Reducción de las emisiones de óxidos nitrosos y monóxido de carbono.*

Para este subcriterio se tiene que en general todas las tecnologías presentan una alta calificación debido a que se dispone de un muy buen control de la combustión y como consecuencia las emisiones de CO son muy bajas (en las tecnologías que usan combustión). En este subcriterio sobresalen el horno de inducción, debido a que las emisiones contaminantes son nulas por no usar combustible sino energía eléctrica como fuente de energía, y el horno de crisol debido a que este cuenta con un mecanismo de recirculación de gases de combustión para disminuir la temperatura de llama y en consecuencia la reducción de la formación NOX.

#### *BA2-Reducción de emisiones de material particulado.*

Todas las tecnologías tienen una alta reducción en la producción de material particulado, debido al uso de gas natural como combustible. El horno de inducción al usar energía eléctrica para su funcionamiento tiene una calificación de 10, mientras el horno cokeless cúpula tiene la menor calificación - 7 - debido a que para su funcionamiento debe inyectarse grafito, el cual puede generar emisiones de material particulado.

#### *BA3-Reducción de niveles de ruido.*

En este subcriterio todas las tecnologías que usan combustibles tienen una calificación baja - cercana a 4 - , debido a que con respecto a las tecnologías convencionales la reducción no es significativa, debido a que estas nuevas tecnologías también requieren sistemas de ventiladores, lo cuales son los principales causantes de altos niveles de ruido. El horno de inducción sobresale con una calificación de 10, debido a que no tiene sistemas de ventiladores y además el sonido que produce es de alta frecuencia, el cual para el oído humano es poco perceptible.

#### *BA4-Reducción de la contaminación de suelos y aguas, por la disminución de vertimiento de escorias y cenizas.*

En este ítem, se le asigna la calificación más alta al horno de inducción, esto gracias a que no se tienen vertimientos de cenizas debido al uso de energía eléctrica, y además la cantidad de escorias es muy baja comparada con las otras tecnologías. En un rango de calificación un poco más bajo se tienen la mayoría de tecnologías de combustión, para las cuales su calificación varía entre 8 y 8.5, dado a que estas debido a que usan como combustible gas natural, el cual no emite cenizas. El horno de crisol tiene una calificación de 8.5, porque la llama no es directa sobre la carga, lo cual disminuye la escoria que se produce. Y en último lugar se encuentra el horno cokeless cúpula, con una calificación de 6.8, debido a que en comparación con las demás tecnologías puede generar una mayor cantidad de escorias, por el hecho de tener una llama directa e inyección de grafito.

#### *BA5-Contaminación electromagnética por campos de baja y alta intensidad.*

A todas las tecnologías de combustión se les ha dado una calificación de 9 debido a que la contaminación electromagnética que tienen estos equipos es muy baja, con excepción del

horno de inducción al cual se la ha asignado una calificación de 1, lo cual se debe a que por el mismo principio de funcionamiento de esta tecnología, se generan fuertes campos electromagnéticos los cuales se aprovechan para calentar y fundir metales por el principio de inducción.

### **Beneficios tecnológicos.**

*BT1-La escala de producción y orden de magnitud de las especificaciones técnicas (adaptables a pymes).*

En este ítem el horno de crisol autoregenerativo y el horno compacto tienen una calificación de 10, debido a que este tipo de hornos se encuentran disponibles en una gama de producciones que se ajusta a lo requerido en la industria nacional. Los quemadores autorecuperativos y autoregenerativos aunque su capacidad de producción también se encuentra disponible con potencias usadas en nuestra industria, tienen el inconveniente de que debe evaluarse el horno y el proceso para el que va a ser aplicado, por lo que la calificación que se les ha asignado es de 8. Por último al horno de torre se le asignó un valor de 4, mientras que al horno cokeless cúpula y al rotatorio se les ha asignó calificación 0, ya que el nivel de producción mínimo es muy alto y su capacidad se encuentra en un rango muy por encima del requerido parte de las industrias colombianas.

*BT2-Grado de complejidad y adaptabilidad de la tecnología.*

El horno de crisol autoregenerativo y el horno de quemadores compactos regenerativo, son tecnologías desarrolladas en país que cuentan con un gran know how, y además de esto permiten la realización de adaptaciones que se requieran en el sistema. Por lo anterior a estas tecnologías se les asigno la calificación más alta. Para tecnologías como el horno cokeless cúpula, inducción, torre y rotatorio el grado de complejidad es más alto, no se dispone de un know how y en algunos casos no se conocen experiencias en la industria Colombiana en las que se encuentren estos equipos en implementación; por lo anterior la calificación asignada es de 4.

*BT3-Tecnología compatible con los energéticos disponibles en el país y flexibilidad para usar energéticos diferentes.*

Todas las tecnologías cuentan con disponibilidad de energéticos a nivel nacional, pero para este criterio se debe tener presente la flexibilidad para el cambio de energético, por esta razón el horno de inducción presenta una baja calificación (4), debido a que esta tecnología solo puede operar con electricidad como fuente de energía. Las calificaciones más altas se le asignan a los hornos de crisol autoregenerativo, compacto de quemadores regenerativos y a los quemadores autorecuperativo y autoregenerativo, debido a que estas son tecnologías en las que pueden operar con otro tipo de combustible gaseoso sin necesidad de realizar demasiadas modificaciones.

*BT4-Disponibilidad de proveedores (de reposición de partes, mantenimiento y calibración).*

En cuanto a la disponibilidad de proveedores, la calificación más alta se le da a las tecnologías que son producidas y desarrolladas en Colombia o que tienen representantes de ventas en el país. Por esta razón el horno de crisol autoregenerativo, el horno compacto regenerativo y los quemadores autorecuperativos tienen una calificación de 10, seguidos de los quemadores autoregenerativos, que si bien no tienen proveedores a nivel nacional, se están realizando esfuerzos a nivel nacional para desarrollar este tipo de equipos, por lo que la calificación es de



6. Las otras tecnologías tienen una calificación de 4 debido a las limitaciones en soporte técnico a nivel nacional, para garantizar el respaldo del producto y asesoría posventa.

*BT5-Garantizar la mayor aplicación transversal posible de la tecnología (múltiples procesos del subsector).*

En este subcriterio algunas tecnologías tienen flexibilidad para ser usadas en diferentes tipos de procesos como es el caso de los quemadores autorecuperativos y autoregenerativos que prácticamente se pueden utilizar en cualquier proceso de calentamiento con algunas modificaciones (poco considerables), razón por la cual la calificación es de 10, mientras que el horno de torre y el horno cokeless cúpula tienen la restricción de que únicamente sirven para un proceso, el cual es la fusión de materiales no ferrosos y materiales no ferrosos respectivamente. Algunas tecnologías como el horno de inducción, el horno de crisol, el horno rotatorio y el horno compacto pueden ser adaptadas a diferentes procesos pero con un grado de dificultad mayor que los quemadores autorecuperativo y autoregenerativo, razón por la que las calificaciones de estas tecnologías oscilan entre 4 y 7.

*BT6-Madurez de la tecnología.*

Con este subcriterio se quiere determinar que tecnología se ha implementado en el país de manera exitosa, donde la calificación más alta es para el horno de inducción, gracias a que hay algunas compañías en las que se ha usado esta tecnología aunque más en la parte de fusión de no ferrosos. En segundo lugar se tiene al horno de crisol autoregenerativo debido a que ya es una tecnología probada y se encuentra en proceso de comercialización. Otras tecnologías tales como el horno rotatorio y el quemador autorecuperativo que tiene una calificación de 4 debido a que existen algunas plantas en las que este tipo de tecnología se encuentra operando pero no lleva el tiempo suficiente ni tampoco tienen gran difusión en la industria. Para los quemadores autoregenerativos la calificación asignada es de 3, debido a que realmente son muy pocas las industrias que han implementado este tipo de tecnología. Por último se tiene el horno de quemadores compactos autoregenerativos, el cual es una tecnología que se encuentra en desarrollo y no está disponible a nivel comercial en el país.

En la Tabla 18 se presentan las calificaciones de cada uno de los subcriterios según lo justificado anteriormente y la escala de medida definida en la Tabla 71 del Anexo 3.

**Tabla 18 Calificación de los subcriterios para cada una de las tecnologías del subsector metalmeccánico**

Subcriterios	Cokeless Cúpula	Inducción	Crisol	Torre	Rotatorio	Compacto	Auto-recuperativo	Auto-regenerativo
<i>C1</i>	1	2	5	5	5	5	5	5
<i>BE1</i>	7	9	8	7	7	7	7.5	7.5
<i>BE2</i>	8	9.5	9.2	9	9.1	8.8	9	9
<i>BS1</i>	8	10	9	8	7	8	8	8
<i>BS2</i>	3	1	3	3	3	3	3	3
<i>BS3</i>	7	8	8	7	7	8	8	8
<i>BS4</i>	6	3	10	4	6	10	7	7
<i>BA1</i>	7	10	8.5	7.8	7.8	8	7.8	7.8
<i>BA2</i>	7	10	9.5	9	9	9.3	9	9
<i>BA3</i>	4	10	4.5	3.8	4	4	3.9	4
<i>BA4</i>	6.8	10	8.5	8.3	8	8	8	8.2
<i>BA5</i>	9	1	9	9	9	9	9	9
<i>BT1</i>	0	10	10	4	0	10	8	8
<i>BT2</i>	4	4	10	4	4	10	8	8
<i>BT3</i>	7	4	10	7	8	10	10	10

<b>BT4</b>	4	4	10	4	4	10	10	6
<b>BT5</b>	1	7	6	1	4	4	10	10
<b>BT6</b>	0	10	6	0	4	2	4	3

### 4.3 Resultados de la priorización de las tecnologías de mitigación para el sector.

En el presente capítulo se muestra la selección de tecnologías prioritarias para mitigación al cambio climático en el subsector metalmecánico. Para ello se utilizó la metodología de análisis multicriterio conocida como **Proceso de Análisis Jerárquico (AHP)**. Este método requiere la construcción de un árbol de decisión que contenga los criterios a considerar en el estudio, la asignación de pesos de importancia a dichos criterios, y la valoración de la tecnología por parte de expertos. Dicho árbol (Tabla 71) fue construido por parte del grupo consultor, en el componente de mitigación del TNA, con el apoyo de expertos de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, así como la valoración de las tecnologías propuestas para la discusión.

La metodología seguida fue la siguiente:

- Se realizó una presentación a los actores acerca de las características económicas del subsector seleccionado, de la situación actual en relación con la clasificación industrial de acuerdo al código CIIU de los diferentes procesos del subsector, del perfil energético de los procesos y el estado actual de las tecnologías de combustión y calentamiento. Continuando con la presentación de las características de las tecnologías preseleccionadas, destacando sus especificaciones técnicas, su aplicación por procesos, su eficiencia energética, la disminución de GEI que puede lograrse y las principales ventajas y desventajas.
- Presentación de los criterios y subcriterios establecidos para la priorización, como también la metodología a seguir para la asignación de los respectivos pesos. Una vez se presentaban estos criterios a los representantes de las diferentes instituciones, comenzaron a discutir la asignación de pesos para los criterios de primer nivel. Terminada esta actividad se hizo una discusión plenaria para confrontar y sustentar los pesos asignados, de tal forma que al final se llega a un acuerdo por todos los actores acerca del orden de magnitud de cada peso para cada criterio. De inmediato y con la misma metodología se continuó el trabajo de asignación de pesos para los criterios de segundo nivel.
- A partir de los resultados del trabajo realizado, se observó que el peso dado a los criterios financieros, beneficios económicos y beneficios técnicos, priman sobre beneficios sociales y ambientales. Dado que la reducción de gases de efecto invernadero es el objetivo principal del proyecto, este criterio no se puso a consideración. Las ponderaciones asignadas a los criterios de primer y segundo nivel se muestran en la Tabla 19.

Con lo anterior y la puntuación para cada tecnología, establecida de acuerdo a Tabla 19 se obtiene el puntaje final de calificación de cada tecnología, aplicando la expresión:

$$\sum W_i = 100, \quad \sum W_{ij} = 100$$

$$P_i = W_i * \sum W_{ij} * P_{ij}$$

Donde:

$P_i$ : Puntaje del criterio i de primer nivel

$P_{ij}$ : Valoración de expertos

$W_i$  y  $W_{ij}$ : Pesos de criterios primer y segundo nivel

**Tabla 19 Pesos asignados subsector metalmeccánico escenario 1**

NIVEL 1		NIVEL 2	
CRITERIO	PESOS	SUB-CRITERIO	PESOS BOGOTÁ
<i>Financiero</i>	28	TIR	100
<i>Beneficios económicos</i>	25	Mejora de la productividad y competitividad de las Pymes (reducción de costos, mejora del proceso de calentamiento y calidad de los productos)	60
		Contribución al desarrollo sectorial	40
<i>Beneficios sociales</i>	13	Condiciones de salud ocupacional en los recintos de las Pymes	30
		Conservación y creación de nuevos empleos (mejora en la competitividad de las Pymes)	30
		Distribución del ingreso por el fortalecimiento de PYMES competitivas	20
		Aprendizaje tecnológico como resultado de la transferencia tecnológica	20
<i>Beneficios ambientales</i>	12	Reducción de las emisiones de óxidos nitrosos y monóxido de carbono	25
		Reducción de emisiones de material particulado	25
		Reducción de niveles de ruido	20
		Reducción de la contaminación de suelos y aguas, por la disminución de vertimiento de escorias y cenizas	20
		Contaminación electromagnética por campos de baja y alta intensidad.	10
<i>Beneficios tecnológicos</i>	22	La escala producción y orden de magnitud de las especificaciones técnicas (adaptables a Pymes)	20
		Grado de complejidad y adaptabilidad de la tecnología	10
		Tecnología compatible con los energéticos disponibles en el país y flexibilidad para usar energéticos diferentes	20
		Disponibilidad de proveedores (de reposición de partes, mantenimiento y calibración)	20
		Garantizar la mayor aplicación transversal posible de la tecnología (múltiples procesos del subsector)	15
		Madurez de la tecnología	15

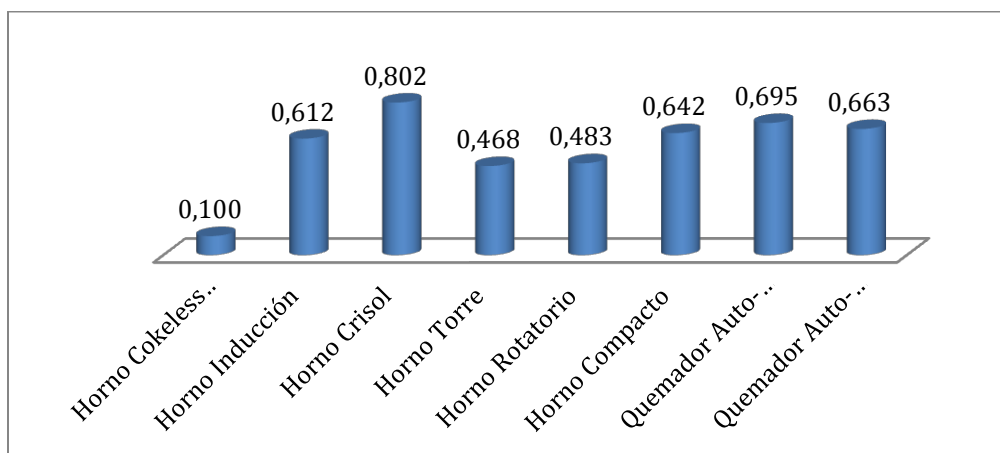


Figura 11 Distribución de calificación final de tecnologías subsector metalmecánico: Escenario 1, Financieros> beneficios económicos

Es así como después de finalizar este proceso, se priorizaron el horno crisol y el quemador auto –recuperativo como las tecnologías que serían analizadas con mayor profundidad en las siguientes etapas del proyecto.

#### 4.4 Descripción de las tecnologías priorizadas.

El equipo consultor recomienda realizar el análisis de barreras para las siguientes tecnologías en su orden: horno de crisol autoregenerativo, quemadores autorecuperativos y autoregenerativos y horno de inducción, si bien este último en el puntaje ocupa el cuarto lugar dado el gran potencial que esta tecnología representa en la reducción de GEI y emisiones contaminantes, justifica considerarlo en el análisis de barreras.

##### 4.4.1 Horno de crisol autoregenerativo.

La tecnología de los quemadores regenerativos puede aplicarse a diferentes configuraciones y diferentes procesos de calentamiento de alta temperatura en el subsector metalmecánico. El horno de crisol auto-regenerativo desarrollado por EPM-UdeA-INDISA, permite reducir la escala de los quemadores regenerativos usualmente empleados en hornos reverberos de gran capacidad (>2 Ton), en hornos de capacidad de 200 kg de aluminio por bache y 500 kg de cobre por bache. El horno permite obtener consumos específicos de combustible de 500 kWh/ton y tasas de fusión en frío de 95 kg/h.

Entre las principales características del equipo se destacan su alta eficiencia térmica (eficiencia del 80%), con lo cual se garantizan reducciones en el consumo del gas natural al menos de un 50% con respecto a la tecnología actual, alcanzando una reducción de CO<sub>2</sub> del 64% y bajas emisiones de CO y NO<sub>x</sub>. Al no existir una descarga de gases a alta temperatura en la parte superior o inmediaciones del horno, se facilita el trabajo de los operarios evitando accidentes. Adicionalmente cuenta con un sistema de volteo que permite descargar fácilmente el metal fundido a los recibidores. El sistema además cuenta con un sistema de alto-fuego – bajo fuego, que permite reducir aún más el consumo de combustible una vez las temperatura en el horno son lo suficientemente altas.

El horno funciona con gas natural, pero también puede ser ajustado para utilizar gas licuado del petróleo, gases combustibles de origen renovable y mezclas entre estos. Esta situación incide en tener un costo de operación menor con respecto al horno de inducción, dado que el costo de un kWh eléctrico para el nivel Pymes es de 300 pesos colombiano y el obtenido con gas natural es de 80 pesos colombianos.

#### **4.4.2 Quemadores autorecuperativos.**

Los quemadores con recuperación de calor integrada constituyen el método más eficiente para recuperar el calor sensible portado por los productos de combustión en hornos industriales operando a altas temperaturas. Los quemadores auto-recuperativos cuentan con un intercambiador de calor gas-gas incorporado en el cuerpo del quemador que permitan entregar parte de la energía sensible de los productos de combustión al aire de combustión. Estos quemadores cuentan con un sistema eyección que permiten la extracción de los gases a través del mismo quemador.

El sistema de control es simple, no cuenta con lechos cerámicos, aunque los nuevos equipos cuentan con cañones cerámicos en carburo de silicio que actúan como recuperadores de calor. Los quemadores recuperativos tienen menores costos de inversión que los quemadores regenerativos, sin embargo su efectividad de recuperación de calor también es un poco menor, alrededor de 60-75%, lo que se traduce en una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> del 59.2%. Para la selección de la tecnología más apropiada deberán balancearse las características del proceso y de los quemadores contra la inversión requerida y los costos de mantenimiento, de tal manera que se obtengan los mayores beneficios económicos.

La aplicación de estos quemadores requiere inicialmente examinar el estado térmico de los hornos donde se implementarán, así por ejemplo si el horno en donde se instalará el quemador auto-recuperativo, se caracteriza por mal aislamiento de las paredes e infiltración de aire frío del exterior, la ventaja comparativa de esta tecnología se ve fuertemente reducida en tanto no se obtienen las eficiencias características de esta tecnología, cuando ella se aplique en hornos en condiciones óptimas de operación.

#### **4.4.3 Quemadores autoregenerativos.**

Los quemadores auto-regenerativos cuentan con un lecho cerámico a través del cual se hacen pasar los productos de combustión antes de enviarlos a la chimenea, con lo que la energía sensible portada por los gases se acumula en el lecho cerámico, luego de un período el sistema se conmuta haciéndose pasar por el lecho aire frío que extrae la energía acumulada en el lecho y la devuelve de nuevo al sistema con efectividades de recuperación de calor entre 70 y 85%, permitiendo obtener importantes ahorros de combustible dependiendo de la temperatura de operación del proceso y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> del 59.2%.

Estos quemadores se utilizan en los siguientes tipos de hornos:

- Horno de crisol auto-regenerativo para la fusión de metales no ferrosos.
- Horno de reverbero auto-regenerativo para la fusión de metales no ferrosos
- Fragua de forjado auto-regenerativa para el calentamiento de metales ferrosos.
- Quemadores regenerativos de calentamiento directo para TT de metales ferrosos.

Se han desarrollado recientemente quemadores regenerativos con nuevas características como el remplazo de las bolas cerámicas por estructuras tipo honeycomb y espumas cerámicas, que tienen mejores efectividades de recuperación de calor además de hacer los quemadores más compactos y livianos, permitiendo reducir la escala de la tecnología para ser empleado en hornos de baja potencia.

Para la instalación de este quemador se debe analizar el estado actual del horno (aislamientos, fugas e infiltraciones) para poder aprovechar la alta eficiencia energética.

#### **4.4.4 Horno de inducción.**

Un Horno de inducción es un horno eléctrico en el que el calor es generado por la inducción electromagnética de un medio conductor (un metal) en un crisol, alrededor del cual se encuentran las bobinas electromagnéticas.

Los principales componentes de un sistema de calentamiento por inducción son: la bobina de inducción, la fuente de alimentación, la etapa de acoplamiento de la carga, una estación de enfriamiento y la pieza a ser tratada. El rango de frecuencias de operación va desde la frecuencia de red (50 ó 60 Hz) hasta los 10 kHz, en función del metal que se quiere fundir, la capacidad del horno y la velocidad de fundición. Los altos hornos están siendo sustituidos por este tipo de horno, ya que los altos hornos generan mucho polvo y emisión de gases contaminantes.

Los hornos de inducción presentan una capacidad de fundición entre 60 kg y 100 Ton, dependiendo del tipo de material a fundir. Una ventaja del horno de inducción es que es limpio, eficiente (97%), y es un sistema más controlable que la mayoría de los demás modos de calentamiento. El cambio tecnológico de los hornos tradicionales que operan con combustibles a este horno eléctrico, se traduce en una reducción del 100% en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Las barreras de transferencia y penetración de esta tecnología se enfocan principalmente en los altos costos de la electricidad dado los bajos consumos que tienen las pymes.

Para mayor detalle, en el Anexo 4 se presentan las fichas técnicas de las tecnologías priorizadas para el subsector metalmeccánico.

## ***CAPÍTULO 5. PRIORIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL SUBSECTOR LADRILLERO.***

### **5.1 Proceso de selección de las tecnologías para la mitigación del cambio climático.**

#### **5.1.1 Tecnologías existentes en el subsector ladrillero.**

En el subsector ladrillero, más específicamente en el proceso de cocción, existen diferentes tipos de hornos que de acuerdo al nivel tecnológico dan características especiales a los materiales como resistencia y dureza. Las temperaturas alcanzadas dependen del combustible con el que se realizan las quemaduras o proceso de cocción y de las características que se deseen que tenga el ladrillo. El combustible más utilizado para la alimentación de los hornos es el carbón. En el proceso de quema del ladrillo se en tres etapas: precalentamiento, cocción y enfriamiento.

**Precalentamiento:** en esta etapa se retira de manera gradual el agua absorbida por la arcilla, mediante aire caliente, el cual aumenta su temperatura hasta alcanzar los 100 °C, temperatura a la cual se considera que el proceso de precalentamiento termina.

**Cocción:** etapa en la cual los ladrillos sufren contracciones y adquieren estructuras que les permiten tener mayor fuerza. Las temperaturas que se alcanzan están alrededor de 1000 y 1100 °C.

**Enfriamiento:** esta etapa es muy importante, ya que dependiendo de cómo se realice el enfriamiento, el ladrillo adquiere unas propiedades especiales. Si el enfriamiento se hace lentamente, los ladrillos son tenaces y con buena resistencia mecánica, pero si el proceso se hace rápidamente convierte a los ladrillos en materiales frágiles, hasta el punto de llegar a fracturarse si el proceso de enfriamiento se lleva a cabo de forma prematura.

Los hornos pueden clasificarse en dos grandes grupos de acuerdo a la eficiencia y capacidad de producción: hornos intermitentes (o discontinuos) y hornos continuos. Dentro de los hornos intermitentes se encuentran los hornos de fuego dormido, horno árabe o pampa, colmena y baúl; entre los hornos continuos se encuentran los hornos Hoffman, túnel, horno de rodillos y el Zigzag.

A nivel nacional, la variedad de hornos utilizados para la quema de la cerámica son 10 tipos, entre continuos e intermitentes. En la Tabla 20 se enlistan los hornos utilizados en la industria nacional. De este listado, se encuentra que los hornos más comunes son los pampa con 40.4%, los hornos de fuego dormido con el 39.3% y los hornos tipo colmena con 14.2%. Ambos operan por la quema de carbón mineral o madera. Aunque en regiones como Bogotá los hornos de fuego dormido han sido sustituidos por otras tecnologías ya estos hornos no cumplen con la norma ambiental exigida.

Tabla 20 Número y tipo de hornos utilizados en la industria ladrillera nacional.  
Fuente: ANFALIT [15]

HORNO	CANTIDAD
<i>Fuego dormido</i>	964
<i>Árabe o Pampa</i>	993
<i>Colmena</i>	349
<i>Hoffman</i>	72
<i>Túnel</i>	23
<i>Rodillos</i>	16
<i>Semicontinuo</i>	6
<i>Zigzag</i>	6
<i>Vagón</i>	11
<i>Baúl</i>	13

Pero si se clasifican los hornos por volumen de producción, se encuentra que el horno tipo túnel y Hoffman -que son de tipo continuo- representan el 27.1% y el 27.55% respectivamente de la producción de ladrillos. Los hornos tipo fuego dormido y Pampa suman el 23.1%. En la Figura 12 se muestra proporción según volumen de producción para los hornos anteriormente descritos.

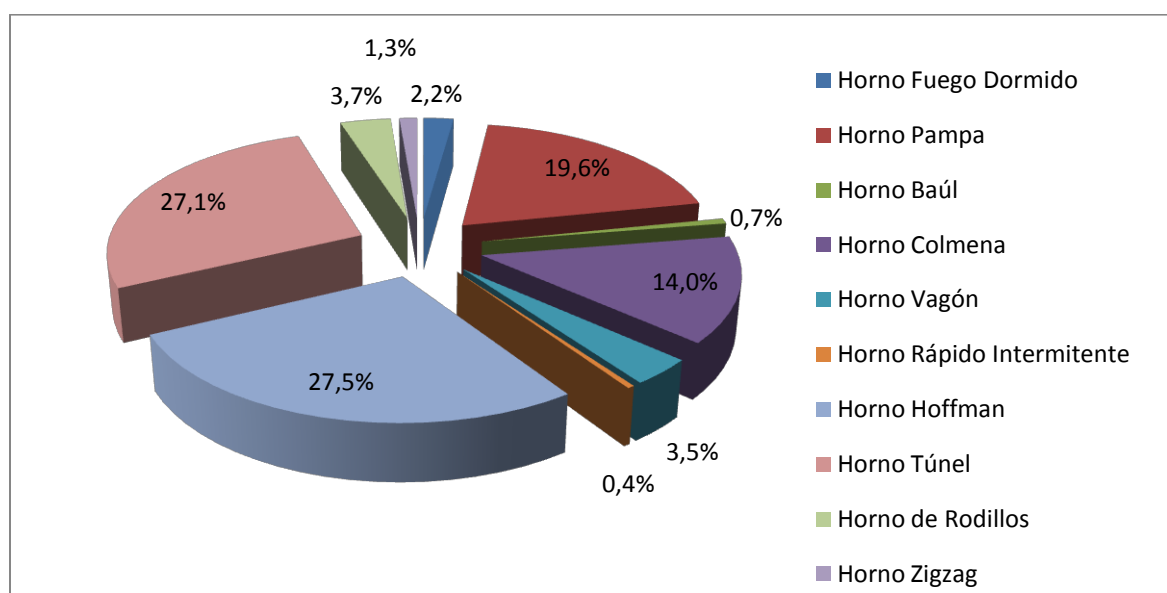


Figura 12 Clasificación de Tipos de Hornos, según volumen de producción.  
Fuente [16].

A continuación se hace una descripción de cada uno de los hornos descritos en la Tabla 21. Se explica en qué consiste la configuración y se muestra información básica sobre el consumo medio de combustible, tiempo de quema y capacidad de producción.

Tabla 21 Características de los hornos de cocción utilizados en subsector cerámico.

NOMBRE HORNO	CONSUMO ESPECÍFICO	TIEMPO QUEMADO	CAPACIDAD PRODUCCIÓN	COMBUSTIBLE	TIPO
<i>Horno Fuego Dormido [16]</i>	1209 kcal/kg	20-40 días	15000-20000 piezas/quema (<100 ton/mes)	Carbón	Lotes
<i>Horno Pampa [16]</i>	1218 kcal/kg	7 días	<100 ton/mes	Carbón	Lotes



**Evaluación de Necesidades Tecnológicas - Mitigación**  
**República de Colombia**

<b>Horno Colmena [16]</b>	1077 kcal/kg	90 horas	15-30 ton/quema (110-250 ton/mes)	Carbón	Lotes
<b>Horno Baúl [16]</b>	1112 kcal/kg	72 horas	NA	Carbón	Lotes
<b>Horno Vagón [16]</b>	637 kcal/kg	36 horas	19600 unidades/quema	Carbón	Lotes
<b>Horno Túnel [16]</b>	436 kcal/kg	10-15 horas	180-300 ton/día	Carbón Pulverizado	Continuo
<b>Horno Hoffman [16, 19]</b>	519 kcal/kg	110 horas	100 ton/día	Carbón pulverizado	Continuo
<b>Horno de Rodillos [16]</b>	358 kcal/kg	10-12 horas	3000 ton/mes	Carbón pulverizado	Continuo
<b>Horno Zigzag [16]</b>	617 kcal/kg	110 horas	NA	Carbón pulverizado	Continuo

En la Tabla 22 se enlistan algunos factores cualitativos que tienen las tecnologías actuales de los hornos utilizados en el subsector ladrillero en Colombia. Criterios como la facilidad para cambiar de combustible, variedad de ladrillos, posibilidades de cumplir con las normas de las emisiones, permiten determinar los tipos de hornos de mayor eficiencia y posibilidad de ahorro energético.

**Evaluación de Necesidades Tecnológicas - Mitigación**  
**República de Colombia**

Tabla 22 Caracterización de los hornos utilizados en el subsector ladrillero en Colombia. Fuente[16]

CRITERIOS	HORNO DE FUEGO DORMIDO	HORNO PAMPA	HORNO BAÚL	HORNO COLMENA	HORNO VAGÓN	HORNO HOFFMAN	HORNO TÚNEL	HORNO DE RODILLOS
<i>Capacidad de Horno</i>	Regular	Alta	Alta	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto
<i>Tipo de Horno</i>	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Semi Continuo	Continuo	Continuo	Continuo
<i>Permite cambiar a otro combustible</i>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No
<i>Homogeneidad de temperatura</i>	Regular	Regular	Regular	Media	Media	Buena	Buena	Buena
<i>Energía por Kg/ de Ladrillo</i>	Alta	Alta	Alta	Media	Media	Baja	Baja	Baja
<i>Permite recuperar calor para el secado</i>	No	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí
<i>Habilitado para producir tejas</i>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
<i>Habilitado para producir ladrillos con huecos</i>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
<i>Habilitado para producir ladrillos sólidos</i>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
<i>Habilitado para producir baldosas</i>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
<i>Emisiones a la atmosfera</i>	Altas	Altas	Mediana	Mediana	Mediana	Bajas	Bajas	Bajas
<i>Posibilidad de cumplir las normas de emisiones</i>	Bajas	Bajas	Bajas	Mediana	Mediana	Medianas	Altas	Altas
<i>Requerimiento de la calidad de mezcla</i>	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Mediana	Alto	Alto	Alto
<i>Calidad del producto</i>	Regular	Regular	Regular	Buena	Buena	Optima	Optima	Optima

De acuerdo a esta matriz de decisión se puede concluir que los hornos Hoffman, túnel y rodillos comparados con los demás, son los que generan la menor cantidad de emisiones contaminantes. Por otro lado, tienen un volumen de producción alto y tienen buenas posibilidades de cumplir con las normas en lo que se refiere a emisiones. En estos hornos (Hoffman, túnel y rodillos) es posible realizar recuperación de calor para el proceso de secado, lo que permite el incremento de la eficiencia del proceso, además de suministrar una temperatura más uniforme.

### **5.1.2 Tecnologías eficientes para el subsector ladrillero.**

A continuación en la Tabla 23, se describen las nuevas tecnologías que se podrían implementar en el subsector cerámico en Colombia y que presentan ahorros en el uso de combustible y disminución en la emisión de material particulado y contaminante. La selección se hace teniendo en cuenta la baja capacidad de producción de las ladrilleras pequeñas y churcales. De manera que la reconversión tecnológica está enfocada en los pequeños y medianos productores [20].

## Evaluación de Necesidades Tecnológicas - Mitigación

### República de Colombia

Tabla 23 Nuevas Tecnologías para subsector ladrillero.

CARACTERÍSTICA	MK2	PAQUETE COMBUSTIÓN	HORNO VERTICAL	TÚNEL CON QUEMADORES MODO CO-FIRING
<b>Escala</b>	Micro Escala	Micro Escala	Micro Escala	Micro Escala
<b>Disponibilidad</b>	Corto Plazo (tecnología desarrollada, no probada en Colombia)	Corto Plazo (tecnología desarrollada y probada)	Corto Plazo (tecnología desarrollada y probada)	Corto Plazo (tecnología desarrollada y probada)
<b>Reducción consumo combustible</b>	Hasta 50%	29%	29%	70%
<b>Antecedentes</b>	<p>El horno MK2 se basa en un sistema acoplado de dos hornos conectados en serie provistos de domos con chimeneas laterales, dentro de los hornos se realiza el cocimiento de manera alternada. Mientras en uno se hace la quema de la carga, los humos que se generan son canalizados al segundo horno para el pre-cocido de la segunda carga de ladrillos crudos, etapa en la cual algunos contaminantes son absorbidos o retenidos en el cuerpo de los adobes.</p>	<p>Consiste en utilizar un equipo de combustión de carbón con aire forzado, manteniendo una relación de combustión apropiada para el combustible. Este equipo puede ser utilizado en hornos tipo árabe, colmena, y pampa.</p>	<p>El horno consiste en una chimenea vertical donde los ladrillos se apilan en paquetes. Cuando los paquetes descenden, pasan en frente de la cámara de fuego y al llegar a la parte inferior, se descargan. La quema se puede controlar fácilmente por la cantidad de combustible que se añade, y cuando los ladrillos están listos, la torre se baja y el próximo paquete llega a la cámara de fuego. En la parte inferior se descargan y están listos para empaque y despacho.</p>	<p>Sumado a las características de alta eficiencia energética de los hornos túnel y su elevada capacidad de producción, es posible incrementar el rendimiento de estos aún más si se implementa un sistema de combustión <i>co-firing</i>, es decir, un sistema de combustión que utiliza dos tipos de combustibles a la vez; esto son carbón pulverizado (se utiliza normalmente) y gas natural. Al utilizar gas natural, la temperatura en el interior de la cámara de combustión aumenta, lo que facilita y completa la combustión del carbón pulverizado. Para la implementación de esta tecnología se deber realizar los cambios necesarios y el montaje de quemadores de gas a las paredes del horno o desarrollar un quemador de <i>co-firing</i> carbón-gas natural en proporción 70%-30%. Esta tecnología ya fue implementada por una ladrillera en el departamento de Cundinamarca, obteniendo notables mejoras en calidad de producto, nivel de emisiones y rendimiento energético; con un consumo específico global de 900 MJ/ton, mientras que el consumo específico de un horno túnel a nivel internacional es de 1400 MJ/ton.</p>

## 5.2 Criterios de priorización y asignación de calificación por subcriterios para cada tecnología.

En el Anexo 3 se describe la metodología de análisis multicriterio seguida para consolidar las tecnologías priorizadas a partir de las propuestas en la Tabla 23.

La línea base para evaluar económicamente cada una de las tecnologías se estimó según el informe presentado por el PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LADRILLERAS ARTESANALES DE AMERICA LATINA PARA MITIGAR EL CAMBIO CLIMATICO – EELA, que realizó la línea base del subsector ladrillero del municipio de Nemocón en Cundinamarca. De este informe se establece que para las unidades productoras de carácter artesanal de pequeña y mediana capacidad, la cantidad de producción media es de 45000 unidades al mes (189 ton /mes), y el tipo de producto más común es bloque #4. El horno utilizado es de tipo fuego dormido; caracterizado por la alta emisión de material contaminante a la atmósfera y baja eficiencia energética. Aunque también se encuentran hornos tipo colmena. Este volumen de producción también se pudo constatar durante la visita realizada a las ladrilleras del sector Mochuelo en Bogotá, que las empresas con este tipo de horno presentan un volumen similar de producción.

Del informe también publicado por EELA sobre el Estudio tecnológico para definir el tipo de tecnología de horno apropiada para la reconversión de las ladrilleras artesanales, ingeniería básica y supervisión del montaje, se estableció que el volumen de producción objetivo se delimita a 40.000 y 520.000 unidades año, que equivale al 70% de los productores de ladrillo de la región.

- **Cálculo de Emisiones según informe de DNP en 2002 y proyección a 2007.**

En el informe publicado por el departamento nacional de planeación, en la sección de Estadísticas históricas de Colombia, Capítulo 9, párrafo de minería, se consolida el consumo de carbón del subsector ladrillero. Para el año 2001, reportan un consumo de 304000 toneladas de carbón mineral. El factor de emisión reportado por la UPME para los combustibles Colombianos, para carbón obtenido de la región de Lenguazaque Cundinamarca; con poder calorífico inferior de 35.31 MJ/kg, el factor de emisión es de 91228 kg  $CO_2/TJ$ , es decir, (3.22 Ton de  $CO_2$  / Ton de Carbón). De manera que para 2001 la emisión de  $CO_2$  del subsector fue de 0,981 megatoneladas (2001).

Ahora, tomando el reporte del DANE para el año 2007, la producción de ladrillo comparado a 2001 aumentó el 99.6% por ciento. Suponiendo que la tecnología es la misma y no se ha mejorado la eficiencia global se tiene que la proyección a 2007 de las emisiones de  $CO_2$  es de 1.958 megatoneladas.

- **Calculo de línea base para hornos de alta capacidad, tipo túnel.**

Como esta tecnología es implementada en procesos continuos y de alto volumen de producción de 1500 ton/ mes a 2500 ton/mes. Según observaciones realizadas durante la visita a Bogotá de ladrilleras.

Para cada uno de los subcriterios se asignó una calificación en los rangos establecidos en la Tabla 71 (Ver Anexo 3), cada tecnología presenta un grado de satisfacción diferente, de lo cual depende su calificación. Los valores fueron asignados por el equipo consultor, experto en sistemas y equipos de calentamiento y combustión, la justificación de estas calificaciones se presentan a continuación para todas y cada una de las tecnologías:

### **Financieros.**

En este criterio, solo se usa la tasa interna de retorno para evaluar. El criterio C1 tiene un rango de calificación de 1 a 5, donde el valor de 1 se asigna cuando la TIR es menor a 0% o no existe, 2 para una TIR entre 0% y 5%, 3 para una TIR entre 5% y 7%, 4 para  $7% < TIR < 10%$  y se asigna el valor 5 cuando la TIR es mayor a 10%. Esta calificación se basó en la recomendación hecha por el programa de desarrollo de las naciones unidas [21]

### **Beneficios económicos.**

#### *BE1 mejora de la productividad y competitividad de las PYMES.*

Se entiende como la mejora en el proceso de calentamiento y calidad de los productos. Tiene una calificación de 0 a 10, donde 0 corresponde a un incremento de productividad y competitividad nula, y 10 corresponde a un incremento de productividad y competitividad alto. En este caso, el incremento de productividad se asocia a la reducción en consumo de combustible logrado por la nueva tecnología, manteniendo el mismo volumen de producción. También se tiene en cuenta la mejora en la calidad y homogeneidad del producto.

Para todas las tecnologías la calificación dada fue superior a 7 que equivale a un aumento de productividad medio alto, en cuanto a que el ahorro de combustible logrado por las nuevas tecnologías es significativo, y la escala de producción es acorde a las ladrilleras del subsector. A excepción del horno túnel.

#### *BE2 Contribución al desarrollo sectorial.*

Este subcriterio tiene una calificación de 0 a 10, donde 0 corresponde a una contribución nula y 10 corresponde a una contribución alta. En general todas las tecnologías de cocción de ladrillo, tienen una calificación entre media y alta.

### **Beneficios Sociales.**

#### *BS1 – Condiciones de salud ocupacional en los recintos de la PYMES.*

Este criterio se califica de 0 a 10, donde 0 corresponde a una condición en la que no se tiene ninguna mejoría en salud ocupacional de los trabajadores y 10 corresponde a una mejora importante en las condiciones de salud ocupacional.

En general todas las tecnologías propuestas presentan una mejora significativa en las condiciones de salud ocupacional de los operarios, especialmente en la calidad del aire que se respira en el interior de la ladrillera. Ya que al implementar equipos de combustión adecuados, controlando la relación aire-combustible y evitando las infiltraciones o fugas de gases en el horno, se logra reducir la emisión de material particulado por reducción en consumo de combustible y por combustión completa.

#### *BS2 – Conservación y creación de nuevos empleos (mejora en la competitividad de las pymes).*

En cuanto a este subcriterio, la calificación se hace de 0 a 10, donde 0 corresponde a una reducción en la mano de obra y 10 a creación de empleos alta.

Para las tecnologías estudiadas se considera que éstas conservan el número de empleos de la ladrillera dado que la operación, supervisión y abastecimiento de los hornos de cocción no varía significativamente, -con el valor agregado que hay una reducción en el costo por consumo de combustible, por lo que la calificación asignada está entre 4 y 5 unidades. Adicionalmente, se cree que la creación o reducción de empleos depende en mayor medida de la dinámica que presente el mercado ladrillero y de la demanda del producto.

#### *BS3 – Distribución del ingreso por el fortalecimiento de PYMES competitivas.*

La calificación de este subcriterio se hace de 0 a 10, siendo 0 una mejora de la distribución del ingreso nula y 10 una mejora en la distribución del ingreso alta. En este subcriterio las tecnologías que se han evaluado tienen una calificación de media a alta. Ya que estas tecnologías permiten que las ladrilleras se mantengan en el mercado por dos razones: por cumplimiento de norma ambiental y por aumento de productividad (reducción de costos de producción).

#### *BS4 – Aprendizaje tecnológico como resultado de la transferencia tecnológica.*

La calificación de este subcriterio es de 0 a 10, donde para 0 hay un aprendizaje nulo y para 10 el aprendizaje tecnológico es alto.

Todas las tecnologías tienen el potencial de ser transferidas y el potencial de ser apropiadas y dominadas por el personal operativo del subsector. Sin embargo se debe realizar un proceso previo de capacitación. Las tecnologías de horno túnel y horno túnel con quemador co-firing se les asignó una calificación de 9 por ser tecnologías automatizadas o semiautomatizadas y mayor calidad de producción.

### **Beneficios Ambientales.**

#### *BA1-Reducción de las emisiones de óxidos nitrosos y monóxido de carbono.*

En cuanto a este subcriterio en general todas las tecnologías tienen una media calificación debido a que el combustible utilizado en los hornos es carbón mineral. Aunque con la operación correcta y un correcto control de la combustión es posible cumplir con la normatividad ambiental exigida por las autoridades para este tipo de procesos.

#### *BA2-Reducción de emisiones de material particulado.*

Todas las tecnologías tienen una alta reducción en la producción de material particulado, debido a que la combustión es completa y controlada, adicional a que hay una reducción en el consumo de combustible. Por lo tanto, las tecnologías se calificaron con un valor entre 9 y 10.

#### *BA3-Reducción de niveles de ruido.*

En este subcriterio todas las tecnologías que usan combustibles tienen una calificación baja – entre 0 y 3 -, debido a que en el proceso de cocción del ladrillo, la única fuente de generación de ruido son los ventiladores del aire de combustión que con la adecuada selección y ubicación no generan niveles de ruido superiores a lo permitido. Además en el mercado nacional hay suficiente oferta de dispositivos para reducción de ruido en ventiladores y ductos.

#### *BA4-Reducción de la contaminación de suelos y aguas, por la disminución de vertimiento de escorias y cenizas.*

En el proceso de fabricación de ladrillo, las cenizas y los desechos generados (pérdidas de producción) son utilizados nuevamente en el proceso de fabricación como elemento de relleno en nuevos ladrillos o “chamote”. Desde este punto de vista, las tecnologías que favorecen la reducción de las pérdidas de producción y menor uso de combustible –menor generación de cenizas- son las mejor calificadas; para el caso son el horno túnel y túnel con co-firing con calificación 8.

#### *BA5-Contaminación electromagnética por campos de baja y alta intensidad.*

A todas las tecnologías se les ha dado una calificación de 9 a 10 debido a que la contaminación electromagnética que tienen estos equipos es muy baja o nula.

### **Beneficios tecnológicos.**

#### *BT1-La escala de producción y orden de magnitud de las especificaciones técnicas (adaptables a pymes).*

La escala de calificación de este criterio es de 0 a 10, donde 0 se asigna cuando la tecnología queda sobredimensionada en más de 100% con respecto al nivel de producción promedio de una ladrillera pequeña, y 10 corresponde a un nivel de producción que se acomoda al volumen de producción.

En este subcriterio, las tecnologías que mejor se acomodan a la escala de producción de las ladrilleras pequeñas son el horno ecológico MK, el horno vertical y el equipo de combustión con aire forzado. Además la construcción de los hornos se puede hacer según el tamaño proyectado de producción.

#### *BT2-Grado de complejidad y adaptabilidad de la tecnología.*

En este criterio, todas las tecnologías tienen alta calificación, lo que corresponde a que todas presentan grado de complejidad media y posibilidades altas de adaptación a las condiciones de producción y operación de la empresa.

*BT3-Tecnología compatible con los energéticos disponibles en el país y flexibilidad para usar energéticos diferentes.*

Aunque si bien de todas las tecnologías estudiadas hay disponibilidad a nivel nacional de los energéticos que éstas usan, para que operen con un combustible diferente al de diseño, se requieren de adaptaciones en el sistema de combustión. Por lo que la calificación asignada oscila entre 4 y 8.

*BT4-Disponibilidad de proveedores (reposición de partes, mantenimiento y calibración).*

Para todas las tecnologías se cuenta con proveedores nacionales de partes, fabricación, diseño y reparación de estructura civiles (horno) y de acero. En cuanto a los quemadores y equipo de control electrónico, en el mercado hay empresas comercializadoras con dominio tecnológico de los componentes pero con una capacidad limitada de innovar (de acuerdo a necesidades específicas) en los mismos. Por lo que la calificación para todas las tecnologías es similar, y con un valor entre 7 y 9.

*BT5-Garantizar la mayor aplicación transversal posible de la tecnología (múltiples procesos del subsector).*

Por la característica del proceso de cocción de ladrillo (rango de temperatura, tiempo de cocción, geometría y material del producto), dichas tecnologías quedan limitadas a este tipo de proceso y es difícil su adaptación a otros procesos de calentamiento. Por lo tanto la calificación asignada es 1 (aplicable a solo un proceso).

*BT6-Madurez de la tecnología.*

Para las tecnologías de alta capacidad de producción como los hornos túnel, la tecnología tiene un grado de madurez elevado, con más de 10 años de estar en el mercado. En cuanto a las tecnologías de mediana y baja capacidad los desarrollos son más recientes y han sido promovidos principalmente por organizaciones de cooperación internacional y se debe detallar la parte de adaptación a las condiciones específicas de la región; tipo de arcilla, calidad del combustible, capacidad de producción, y condiciones de operación. Por lo que a estas tecnologías se les asignó una calificación de 4 a 5, siendo necesario analizar para cada una la parte de adaptación.

En la Tabla 24 se presentan las calificaciones de cada uno de los subcriterios según lo justificado anteriormente y la escala de medida definida en la Tabla 71 del Anexo 3.

**Tabla 24 Calificación de los subcriterios para cada una de las tecnologías del subsector ladrillero**

SUBCRITERIOS	HORNO ECOLÓGICO MK2	HORNO AIRE FORZADO	HORNO VERTICAL	HORNO TÚNEL	CO-FIRING CARBÓN-GAS NATURAL
<i>C1</i>	5	5	2	1	1
<i>BE1</i>	9	7	8	10	7
<i>BE2</i>	9	8	8.5	9	9.2
<i>BS1</i>	9	7	9	10	7
<i>BS2</i>	4.5	4	5	1	4
<i>BS3</i>	8.3	7	8	8	7
<i>BS4</i>	6	6	7	9	9
<i>BA1</i>	6	5.6	5	4	5
<i>BA2</i>	10	7	7	9	9
<i>BA3</i>	0	0	0	1	2
<i>BA4</i>	6	4	7	8	8
<i>BA5</i>	10	9.3	9	9.4	9.8
<i>BT1</i>	10	10	8	0	9
<i>BT2</i>	10	10	9.6	9	8.7
<i>BT3</i>	4	4	4	8	8
<i>BT4</i>	9	9	8.7	7	8
<i>BT5</i>	1	1	1	4	4
<i>BT6</i>	5	5	4	10	10



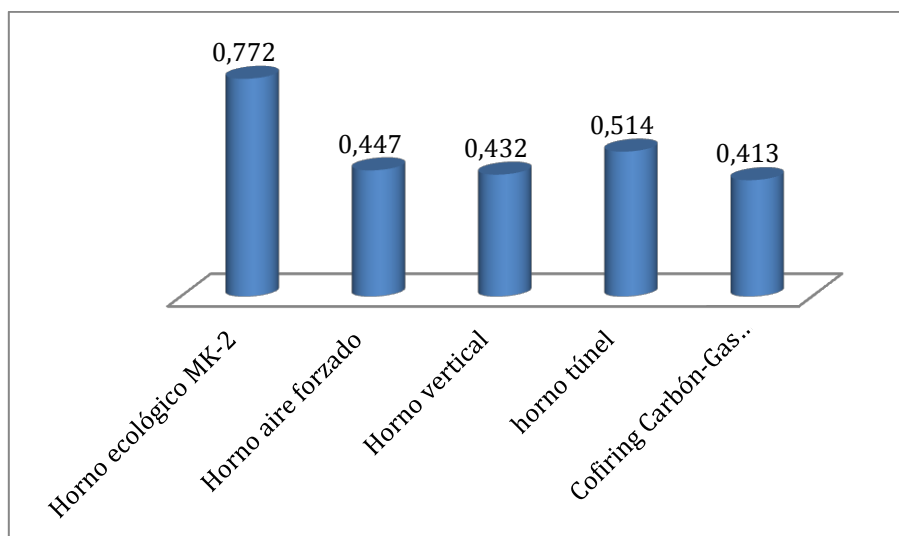
### 5.3 Resultados de la priorización de las tecnologías de mitigación para el sector.

Para el subsector ladrillero, se empleó la misma metodología seguida en la priorización de las tecnologías del subsector metalmeccánico (Ver Capítulo 4, numeral 4.3).

A partir del proceso realizado se observó con base en los perfiles de decisión presentados, que los criterios beneficios económicos, técnicos y costos, priman sobre los beneficios sociales y ambientales (Ver Tabla 25).

Tabla 25 Pesos asignados subsector ladrillero

NIVEL 1		NIVEL 2	
CRITERIO	PESOS BOGOTÁ	SUB-CRITERIO	PESOS BOGOTÁ
<i>Financiero</i>	20	TIR	100
<i>Beneficios económicos</i>	25	Mejora de la productividad y competitividad de las Pymes (reducción de costos, mejora del proceso de calentamiento y calidad de los productos)	70
		Contribución al desarrollo sectorial	30
<i>Beneficios sociales</i>	15	Condiciones de salud ocupacional en los recintos de las Pymes	30
		Conservación y creación de nuevos empleos (mejora en la competitividad de las Pymes)	40
		Distribución del ingreso por el fortalecimiento de PYMES competitivas	20
		Aprendizaje tecnológico como resultado de la transferencia tecnológica	10
<i>Beneficios ambientales</i>	15	Reducción de las emisiones de óxidos nitrosos y monóxido de carbono	35
		Reducción de emisiones de material particulado	30
		Reducción de niveles de ruido	5
		Reducción de la contaminación de suelos y aguas, por la disminución de vertimiento de escorias y cenizas	30
		Contaminación electromagnética por campos de baja y alta intensidad.	0
<i>Beneficios tecnológicos</i>	25	La escala producción y orden de magnitud de las especificaciones técnicas (adaptables a Pymes)	25
		Grado de complejidad y adaptabilidad de la tecnología	25
		Tecnología compatible con los energéticos disponibles en el país y flexibilidad para usar energéticos diferentes	15
		Disponibilidad de proveedores (de reposición de partes, mantenimiento y calibración)	10
		Garantizar la mayor aplicación transversal posible de la tecnología (múltiples procesos del subsector)	0
		Madurez de la tecnología	25



**Figura 13 Distribución de calificación final de tecnologías subsector ladrillero y cerámico.**

Después de finalizar este proceso, basándose en el criterio de expertos técnicos y en los resultados de los talleres, se priorizaron en su momento el Horno ecológico MK-2, el Horno Túnel y finalmente el Horno de aire forzado.

Sin embargo, hay que aclarar que los actores involucrados en este trabajo de priorización, sobretodo, representantes de autoridades locales ambientales y de la Dirección de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbana del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible hicieron mucho énfasis en que es necesario evaluar el desempeño de estas tecnologías caso por caso en el momento en el que se formulara un proyecto de transferencia y adaptación debido a que solo el manejo adecuado de la tecnología y un seguimiento continuo de las variables de desempeño podrán garantizar que se cumplan no solo con los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, sino también con las normas de calidad de aire que reglamentan los contaminantes criterio.

## **5.4 Descripción de las tecnologías priorizadas.**

A respecto el equipo consultor recomienda realizar el análisis de barreras para las siguientes tecnologías en su orden:

### **5.4.1 Horno ecológico MK-2.**

El horno MK2 se basa en un sistema acoplado de dos hornos conectados en serie provistos de domos con chimeneas laterales, dentro de los hornos se realiza el cocimiento de manera alternada. Mientras en uno se hace la quema de la carga, los humos que se generan son canalizados al segundo horno para el pre-cocido de la segunda carga de ladrillos crudos, etapa en la cual algunos contaminantes son absorbidos o retenidos en el cuerpo de los adobes. Cada uno de los hornos tiene una capacidad promedio de 8 mil ladrillos. Con esta tecnología es posible obtener un ahorro del combustible de hasta un 50% y una reducción del 30% en tiempo de cocción.

### **5.4.2 Horno vertical.**

EcoSur ha desarrollado una versión modificada del horno vertical continuo que es más fácil de controlar, es más eficiente y en el que se pueden usar diferentes tipos de combustibles, como leña o biomasa de desechos agroindustriales. El horno consiste en una chimenea vertical donde los ladrillos se apilan en paquetes de 300 unidades. Cuando los paquetes descienden, pasan en frente de la cámara de fuego y al llegar a la parte inferior, se descargan.

La quema se puede controlar fácilmente por la cantidad de combustible que se añade, y, cuando los ladrillos están listos, la torre se baja y el próximo paquete llega a la cámara de fuego. En la parte inferior se descargan y están listos para la venta. Hay siempre 9 paquetes en el horno y toma entre 14 y 20 horas que pasen de arriba a abajo, dependiendo de la habilidad de los obreros.

### **5.4.3 Horno de aire forzado.**

Consiste en utilizar un sistema de combustión con aire forzado y dosificación de combustible (carbón pulverizado) para realizar adecuadamente la combustión en el interior del horno. Forzar el aire al interior de las cámaras de combustión permite mejorar la relación de combustión y reducir el exceso de aire en el interior. Este ventilador puede ser utilizado en hornos tipo árabe, colmena y pampa.

En el marco del proyecto EELA (E-infraestructura compartida entre Europa y Latinoamérica), se efectuó una prueba en un horno tipo CAIPIRA o PAMPA con el objetivo de evaluar el efecto de la Inyección del Aire (uso de ventilador) versus la quemada tradicional obteniendo un cuadro comparativo de las eficiencias térmicas, y la eventual economía de energía con el empleo de aire inyectado (con ventilador). En dichas pruebas se reportó que el horno con ventilador obtuvo, por medio

del criterio de sinterización completa, un 17% más de productos comparado con la prueba sin ventilador, debido a una combustión más eficiente gracias al suministro de aire presurizado. Además, el uso de los ventiladores ayuda a un ahorro del 29% de energía térmica (leña) y posibilita una mayor producción de productos bien sinterizados.

Para mayor detalle, en el Anexo 4 se presentan las fichas técnicas de las tecnologías priorizadas para el subsector ladrillero.

#### **5.4.4 Paquete Tecnológico Propuesto en el estudio del complementario realizado por la CAEM:**

La propuesta de tecnologías de posible transferencia y adaptación en Colombia, se incluye dentro de un paquete tecnológico especificado para cada uno de los sectores en las matrices energéticas-tecnológicas, que se constituyeron en la herramienta metodológica construida con base en el paquete tecnológico identificado en las visitas técnicas y en las encuestas virtuales.

La matriz se basa en los procesos de la materia intervenida, en la tecnología que es utilizada para transformarla y en el energético utilizado y permitieron identificar los procesos correspondientes para estructurar el paquete tecnológico y las tecnologías de transferencia que se proponen desarrollando tres aspectos fundamentales que son: 1.) Buenas prácticas operativas energéticas BPOE, que son actividades a realizar por la empresa con el objetivo de mejorar su productividad desde el punto de vista energético. 2.) La Gestión integral energética, que consiste en la implementación estructurada de un conjunto de procesos, procedimientos y actividades que se integran al modelo de gestión administrativa de la empresa, con el fin de eliminar el uso improductivo de la energía, alcanzar los mínimos consumos y costos de energía posibles sin sacrificio de la productividad, aumento de la seguridad industrial por evaluación de los ambientes de trabajo por medio de salud ocupacional, y mitigación de impactos ambientales mediante usos adecuados de los desechos industriales, y 3.) Las propuestas tecnológicas.

Las matrices se pueden encontrar como anexo en (matrizTNA Sector Ladrillero .xlsx) y (matrizTNA Sector Metalmecánico .xlsx)

Las propuestas tecnológicas de eficiencia energética y reducción de impacto ambiental en GEI, se presentan como fichas tecnológicas que podrían ser transferidas y adaptadas en los sectores analizados, las cuales incluyen costos actualizados para su implementación y su disponibilidad en Colombia. Como resultado para los dos sectores se proponen siete (7) tecnologías de posible transferencia y adaptación que se pueden observar en detalle en el anexo (Fichas Tecnológicas .zip).

#### ***BPOE propuestas de manera transversal para los sectores Metalmecánico y Ladrillero:*** **Gestión de la información**

Construir Sistemas de Información para realizar gestión y procesamiento de la información basada en la toma de registros mensuales en Consumo de Energía Eléctrica, Materia prima, Consumo de agua, Gas natural, Carbón y otros energéticos para establecer indicadores de desempeño energético, línea base y metas que permitan la gestión energética al interior de la industria.

#### **Mantenimiento:**

Se debe realizar mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo a las instalaciones locativas, sitios de acumulación o almacenamiento de la materia prima, maquinaria, vehículos, equipos eléctricos, térmicos, neumáticos, de enfriamiento e iluminación.

#### **Acciones Asociativas:**

Se debe implementar acciones asociativas (gremiales) para acometer proyectos que mejoren su

productividad y competitividad.

**Gestión Integral de Residuos:**

Se debe trabajar en la disminución y aprovechamiento de los residuos sólidos, líquidos y gaseosos como fuente alternativa de energía que permita sustituir combustibles fósiles.

**Salud Ocupacional:**

Se debe elaborar un plan de trabajo que evalúe los ambientes de trabajo para garantizar a los empleados los medios necesarios para proteger y conservar su salud.

**Gestión Integral de la Energía**

El paquete tecnológico propuesto debe complementarse con la Gestión Integral de la Energía, la cual es una cultura organizacional, que consiste en la implementación estructurada de un conjunto de procesos, procedimientos y actividades que se integra al modelo de gestión administrativa de la empresa, y esta tiene como principal objetivo, eliminar el uso improductivo de la energía y alcanzar los mínimos consumos y costos de energía posibles, sin sacrificio de la productividad. La gestión integral es un proceso rentable, de mejora continua de los hábitos y las tecnologías y cuyos resultados conllevan la generación de cultura energética y ambiental, la verificación del incremento de la productividad y la competitividad y la reducción de los impactos ambientales.

Resulta conveniente identificar tecnologías para el uso del carbón mineral que sean eficientes desde el punto de vista energético y ambiental y que además sean costeables por los productores, toda vez que éste energético forma parte de las ventajas competitivas, por dotación de factores, de Colombia y su región central. Desde esta perspectiva la propuesta está orientada a la implementación de las tecnologías duras relacionadas con los sistemas centrales de los procesos de producción, hasta las denominadas blandas de los sistemas periféricos, todo esto complementado con Buenas prácticas operacionales energéticas BPOE y planes de gestión integral de la energía.

A continuación se presentan algunos ejemplos para el sector metalmecánico, en los cuales se ilustra los diagramas de flujo generales relacionando materias primas básicas, etapas de producción, residuos o subproductos obtenidos, impacto ambiental generado (afectación a los recursos agua, aire y suelo) y las oportunidades de mejoramiento del desempeño ambiental que incluyen mitigación de GEI:

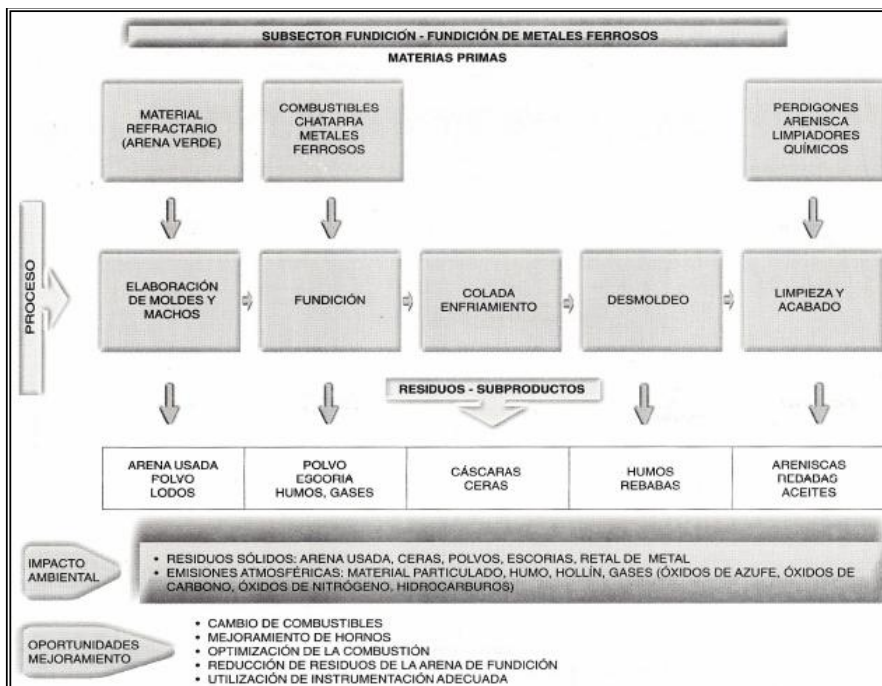


Figura 14 Alternativas de producción más limpia en las PyME del sector manufacturero - Fuente: Guía de consultores - Proyecto GA+P - 2002

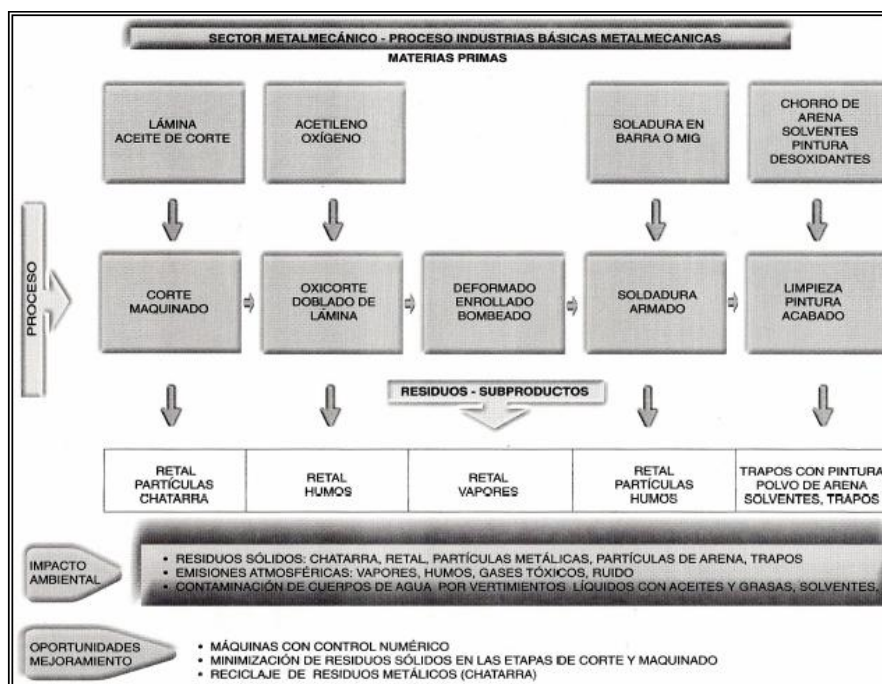


Figura 15 Alternativas de producción más limpia en las PyME del sector manufacturero Fuente: Guía de consultores - Proyecto GA+P - 2002

## ***CAPITULO 6 CONCLUSIONES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS.***

- El proyecto TNA en Colombia, en la componente de mitigación, ha seleccionado el sector industrial, debido a su importancia en el desarrollo económico y social del país, representa el 12% del PIB, es el responsable del 5.1% del total de emisiones de gases de efecto invernadero. Caracterizándose su perfil energético por un mayor consumo de energía térmica, obtenida a partir de la combustión de combustibles fósiles y biomasa en menor proporción.
- La priorización de subsectores industriales para el estudio TNA determinó la participación del subsector metalmeccánico y ladrillo, en los cuales los principales procesos son intensivos en consumo de energía térmica, por lo que estos representan un alto potencial para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por la vía del incremento de la eficiencia energética de sus procesos de combustión y calentamiento.
- La selección se realizó a la escala de producción de pequeñas y medianas empresas, debido a la importancia económica y social de los subsectores metalmeccánico y ladrillo, como también a sus limitaciones técnicas y financieras para realizar por su propia iniciativa programas de reconversión tecnológica que incrementen su eficiencia energética, productividad y reduzcan las emisiones de GEI.
- Las tecnologías en uso para los procesos de combustión y calentamiento de los subsectores metalmeccánico y ladrillo se caracterizan por un alto grado de obsolescencia tecnológica, baja eficiencia energética, efectos negativos en la productividad de los procesos, condiciones críticas de emisiones contaminantes y en muchos casos con problemas de salud ocupacional. En consecuencia por la vía del incremento de la eficiencia con la aplicación de tecnologías modernas, se pueden obtener reducciones importantes de emisiones de gases de efecto invernadero, las cuales oscilan entre un 40% y 90%.
- Las tecnologías de combustión y calentamiento encontradas y que pueden ser aplicadas en los procesos de las industrias de los sectores metalmeccánico y ladrillo, se caracterizan por tener altas eficiencias energéticas (entre 60-97%), encontrándose agrupadas en las siguientes opciones:
  - Recuperación de calor de los gases de combustión para el precalentamiento del aire de combustión.
  - Recuperación de calor de los gases de combustión para el precalentamiento del objeto a calentar (carga).
  - Calentamiento electromagnético de alta eficiencia.
- La priorización de las tecnologías ha tenido en cuenta el potencial de reducción de gases de efecto invernadero de cada una de ellas y el análisis multicriterio de acuerdo a la metodología TNA, pero considerando como criterio adicional el tecnológico, con el propósito de evaluar en cada tecnología la escala de producción, su adaptación a los procesos de las Pymes, la disponibilidad de servicio de postventa y la madurez de la tecnología.
- La participación de diversos actores en la ponderación de los criterios de primer y segundo nivel, resultó un ejercicio enriquecedor, en tanto se recogen las experiencias y aportes de los participantes, se cuestiona la validez y objetividad de los criterios propuestos, permitiendo que por la vía de los argumentos se llegue a consenso o se precisen objetivamente las diferencias.

- Como resultado del potencial de reducción de gases de efecto invernadero y de los resultados obtenidos a partir del análisis multicriterio, las tecnologías priorizadas para cada uno de los sectores son las siguientes (en orden de priorización):

Sector metalmecánico

- ✓ Horno de Crisol Autoregenerativo, como energético usa gas natural y otros combustibles gaseosos.
- ✓ Quemadores Autorecuperativos y Autoregenerativos, como energético usan gas natural y otros combustibles gaseosos.
- ✓ Horno de Inducción, como energético únicamente electricidad.

Sector ladrillero

- ✓ Horno Ecológico MK-2
- ✓ Horno Vertical
- ✓ Horno de Aire Forzado

Si bien estas tecnologías pueden ajustarse para usar con gas natural u otros combustibles gaseosos, la operación más económica y la mayor disponibilidad se logra al utilizar carbón

## Sección B- Análisis de barreras y entorno habilitante para las tecnologías priorizadas.

En la metodología del proyecto TNA para mitigación y adaptación, una vez terminada la priorización de las tecnologías se contempla el análisis de barreras, la revisión del entorno habilitante en el país y las sugerencias de medidas para superar las barreras. En la componente de mitigación del TNA en Colombia se seleccionaron los sectores metalmecánico y de ladrillo, para los cuales se realizó un ejercicio de priorización de tecnologías, caracterizadas por la recuperación de calor de los gases de combustión y calentamiento electromagnético. Estas tecnologías tienen altas eficiencias energéticas y en consecuencia es posible alcanzar reducciones importantes de gases de efecto invernadero.

En el sector metalmecánico fueron priorizadas las tecnologías horno de crisol autoregenerativo, quemadores de autorecuperación y autoregeneración y horno de inducción. Para el sector ladrillero se priorizaron las tecnologías horno vertical, horno de aire forzado con paquete de combustión y horno MK2, las cuales en la estructuración de proyectos de referencia pueden ser complementadas con acciones de optimización de periféricos y/o buenas prácticas en la gestión de la energía.

No obstante las ventajas comparativas (eficiencia energética mayores al 60%, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, entre un 60% y 90%, y mejora en la productividad en los procesos de calentamiento) de las tecnologías seleccionadas con respecto a las tecnologías convencionales, su transferencia y difusión depende de la posibilidad de superar las barreras que se presentan [22-25]. Estas barreras son: económicas, financieras, técnicas, regulatorias, deficiencias de información, débil cultura tecnológica, problemas de escala económica, resistencia a la asociatividad entre pequeñas empresas, entre otras. Por lo anterior se requiere de un análisis exhaustivo que permita identificar y caracterizar las principales barreras, donde se cuente con la participación de diferentes actores.

En esa sección se presenta la metodología seguida para la identificación de las barreras, una breve caracterización de cada una de ellas, las cuales se definieron teniendo en cuenta el análisis preliminar realizado por el equipo consultor y de las discusiones que se realizaron en los talleres de análisis y consenso sobre las barreras a considerar. También se presenta una revisión y análisis de algunas políticas públicas e instrumentos definidos, las cuales pueden coadyuvar en la transferencia de tecnologías que contribuyan a la mitigación del cambio climático en los sectores industriales seleccionados. Finalmente, se consideran un conjunto de medidas que pueden contribuir a la superación de barreras y como consecuencia hacer viable la transferencia de las tecnologías.



La metodología seguida por el equipo consultor para la identificación y análisis de las barreras en la transferencia de las tecnologías priorizadas en los subsectores metalmeccánico y ladrillo, consistió de dos etapas. En la primera etapa se identificaron las barreras preliminares de cada sector, siguiendo la metodología propuesta en el *TNA Guidebooks Series: Overcoming Barriers to the Transfer and Diffusion of Climate Technology* [26] y teniendo como base la experiencia del equipo consultor para enfocar este análisis a los subsectores en estudio.

A continuación se describe detalladamente la metodología [26], la cual propone las etapas a seguir (numeral del *a* al *f*) para llevar a cabo el proceso de identificación de barreras, las cuales serán analizadas en el contexto Colombiano para las industrias de los subsectores:

- a)** Revisión de la normatividad existente para informar o identificar por qué la tecnología no ha sido acogida anteriormente en el sector o por qué no tiene un uso expandido en el mercado.
- b)** Clasificación de las barreras por niveles:
  - Categoría de la barrera
  - Barrera dentro de la categoría
  - Elemento de la barrera
  - Dimensión de cada elemento
- c)** Realizar un listado de las posibles barreras que pueden afectar la introducción de la tecnología dentro de las siguientes categorías:
  - Económicas y financieras.
  - Fallas del mercado.
  - Normas y regulaciones legales.
  - Fallas en la comunicación.
  - Capacidad institucional y organizativa.
  - Habilidades humanas.
  - Comportamiento social y cultural.
  - Información y sensibilización.
  - Técnicas.
- d)** Establecer en cada una de las barreras identificadas en el paso anterior una jerarquización según los siguientes criterios de importancia:
  - Crucial: Si esta barrera no es superada la tecnología no podrá ser transferida exitosamente.
  - Importante: El proceso de transferencia e implementación tecnología puede estar en riesgo, por su dilatación o incluso puede llegar al fracaso.
  - Menos importante: Si esta barrera no es superada se pueden generar retrasos en el proceso de transferencia y difusión tecnológica, pero sin ponerlo en riesgo.
  - Insignificante: Este tipo de barrera no pone en riesgo el proceso de transferencia y difusión tecnológica, sin embargo la superación de esta barrera es considerada para un proceso de transferencia óptimo.
- e)** El equipo consultor puede descartar las barreras que estén en la jerarquía de insignificantes (numeral d), pero posteriormente se deben revisar las barreras descartadas para verificar si alguna de estas debe ser considerada nuevamente.
- f)** A partir del listado de barreras definitivo que se realizó siguiendo los numerales c, d y e; el equipo consultor establece la conexión entre barreras; incluido cuales son solo

causas de problemas y cuales son verdaderos problemas. Para establecer estas conexiones se usó el método de análisis de causas *Root cause analysis*, el cual consiste básicamente en preguntarse por qué ocurre el problema. En este paso se construye el árbol problema para cada una de las tecnologías.

Luego de construir el árbol problema para cada tecnología, el equipo de trabajo estableció un código de colores para identificar la jerarquía de las barreras (según el numeral d), esto con el fin de visualizar las rutas críticas que ponen en riesgo la transferencia y difusión de cada una de las tecnologías. En la Tabla 26 se especifica el código de colores asignado para cada jerarquía.

**Tabla 26 Código de colores para la jerarquización de las barreras**

Color	Jerarquía
Rojo	Crucial
Amarillo	Importante
Azul	Poco importante
Verde	Insignificante

Las barreras catalogadas como crucial son aquellas que si no son superadas, la introducción de la tecnología no sería posible. Las catalogadas como Importante pueden generar retrasos en los cronogramas de ejecución del proyecto llegando incluso a fracasar el proceso de transferencia. Las catalogadas como poco importante son aquellas que de no ser superadas se pueden generar retrasos en el proceso de transferencia y difusión, pero sin poner en riesgo la transferencia de la tecnología. Finalmente, las barreras catalogadas como insignificante son el tipo de barreras que no ponen en riesgo el proceso de transferencia y difusión tecnológica. Sin embargo, la superación de estas barreras facilita y potencializa el proceso de transferencia, incrementando las posibilidades de éxito. Como barreras que constituyen condiciones de borde, se ha identificado el marco regulatorio vigente en Colombia para la energía eléctrica y el gas natural, el cual está estructurado fundamentalmente para estimular la competencia entre agentes y garantizar la inversiones en infraestructura energética, no existiendo señales para estimular la eficiencia energética en el sector productivo.

Estas cuatro jerarquías (colores) permiten identificar para cada tecnología cuáles barreras deben ser superadas en orden de prioridad.

En la segunda etapa se realizó el taller de análisis de barreras de las tecnologías, en donde se validó, analizó y complementó el listado preliminar de barreras. La ejecución del taller contó con el apoyo metodológico del equipo consultor -Grupo de Investigación Océánicos de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín- de la componente de adaptación, quienes propusieron una metodología para identificar las barreras y medidas con un enfoque especial en el análisis de barreras, medidas y actores en cada una de las fases de desarrollo de la tecnología. Dichas fases se definen como: concepción (C), diseño (D), implementación (I), y operación (O), las cuales fueron adaptadas del enfoque CDIO para el desarrollo de sistemas y productos en la ingeniería [27].

Este taller contó con la participación de diferentes actores involucrados en el proceso de transferencia tecnológica para ambos sectores. Estos actores fueron convocados con el objetivo de identificar las posibles barreras que pueden presentarse en la implementación de las tecnologías priorizadas para la mitigación del cambio climático en el sector metalmecánico y ladrillo y las medidas que se podrían tomar para superarlas.

Las actividades desarrolladas durante el taller, con el apoyo y guía del equipo consultor de la Universidad Nacional, fueron:

- Construcción del mapa de actores
- Identificación de barreras
- Elaboración del árbol de problemas
- Socialización e identificación de medidas

A continuación se describen cada una de las actividades.

- Construcción del mapa de actores

Dado que la técnica de mapeo de mercado permite identificar barreras de forma más sistemática, y que el análisis de actores agrega más valor al ejercicio [28], se propone socializar y discutir el mapa de actores construido por los expertos en las tecnologías priorizadas para cada una de las etapas del proyecto: concepción, diseño, implementación y operación, (las cuales se describen en la Tabla 27) como ejercicio previo para la identificación de barreras.

**Tabla 27 Fases para la puesta en marcha de la tecnología (CDIO).**

Fuente: Grupo de Investigación Océánicos, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

<b>Concepción</b>	¿Quiénes realizan estos estudios?, ¿Quién paga los estudios?, ¿Quién pide los estudios?
<b>Diseño</b>	¿Quién realiza el diseño?, ¿Quién evalúa el diseño?, ¿Quién aprueba el diseño?
<b>Implementación</b>	¿Quién paga la obra?, ¿Quién contrata la obra?, ¿Quién ejecuta la obra?
<b>Operación y seguimiento</b>	¿Quién realiza el mantenimiento?, ¿Quién ejecuta el control?

La actividad se desarrolló como sigue:

Se entregó a los participantes del taller una hoja impresa con la matriz de actores previamente identificados por el equipo consultor del TNA. Teniendo la misma tabla de actores en una cartelera con los actores ubicados en stickers, se procedió a hacer la consolidación de la matriz de actores de acuerdo a las sugerencias de los participantes y con el consenso general del grupo adicionando otros stickers con nombres de actores, moviendo o eliminando los existentes.

Para el análisis, socialización, discusión y consolidación de la matriz se siguieron los siguientes pasos: (1) Identificación el actor; (2) Determinación de la fase de participación; (3) Determinación del grado de influencia que posee; (4) Determinación del grado de interés en el objetivo.

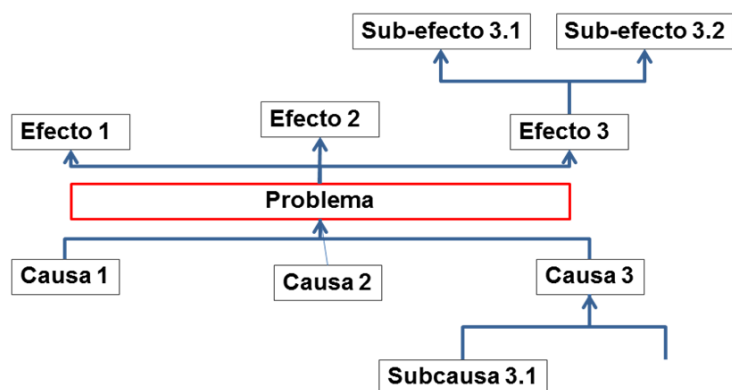
- Identificación de barreras

Se conformaron tres (3) grupos de trabajo, uno por cada tecnología priorizada, a cada grupo de trabajo se le entregó un paquete de hojas impresas con las barreras identificadas de manera previa por el equipo consultor del TNA, para las fases CDIO de la tecnología.

El formato entregado constó de tres columnas, en la primera se describen las barreras propuestas por el equipo consultor, en la segunda las medidas asociadas a cada una de esas barreras y la tercera los actores asociados a las medidas (los cuales se consolidaron en la actividad a). Se pidió a los participantes del taller incluir las barreras faltantes o eliminar las que no debían ser tenidas en cuenta en la fase o reubicar aquellas que consideren que hacen parte de otra fase. Una vez terminado el ejercicio se realizó una plenaria para la socialización, discusión y validación de las barreras en definitiva a considerar

- Elaboración del árbol de problemas

El árbol de problemas se elaboró de acuerdo a la metodología de Análisis Lógico del Problema (LPA) [26], estos se construyeron para cada tecnología (tres (3) árboles). Con el árbol de problemas se buscó identificar relaciones de causalidad entre las barreras, este se elaboró según el modelo de la Figura 16, se define un problema, se buscan las causas que lo originan y los efectos del mismo.



**Figura 16** Esquema del árbol de problemas.

- Socialización e identificación de medidas

Teniendo en cuenta la versión final del árbol se realizó la discusión y socialización de las medidas a tomar para superar las barreras, que fueron escritas en los formatos entregados en la actividad b.

## ***CAPITULO 7 IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE BARRERAS Y MEDIDAS PARA EL SUBSECTOR METALMECÁNICO.***

El punto de partida de este análisis se basa en experiencia del equipo consultor en temas de combustión y eficiencia energética, los cuales han sido validados a partir de estudios previos realizados [8, 25] donde se recoge información importante de las empresas del sector. Con lo anterior es posible obtener una aproximación del perfil energético, de los tipos de tecnologías de combustión y calentamiento utilizadas, de los combustibles usados, de la intensidad y/o eficiencia energética, del grado de obsolescencia y brecha tecnológica en los equipos utilizados, y así mismo el potencial de emisión de gases de efecto invernadero.

Como actividad complementaria se realizaron diagnósticos energéticos en las Pymes del sector metalmeccánico con procesos de combustión y calentamiento a alta temperatura, situadas en Cundinamarca (incluido Bogotá) y el Valle de Aburrá, caracterizadas por tener procesos de fusión de materiales no ferrosos y ferrosos, tratamientos térmicos y galvanizado en caliente, en el Anexo 5, se encuentra una breve descripción de los diagnósticos realizados. En tanto en Cundinamarca se sitúan el 45 % y en el Valle de Aburra el 22 % de Pymes con este tipo de procesos, su análisis es muy representativo de la situación nacional, es lo que también se evidencio en la revisión a partir de fuentes de información secundaria de trabajos realizados sobre el sector en los departamentos de Atlántico, Santander, Caldas, Risaralda y Valle [29, 30]

Los diagnósticos arriba descritos fueron complementados con otros diagnósticos energéticos realizados en pymes con procesos de alta temperatura ubicadas en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, actividad realizada en el contexto del convenio MADS-CAEM [31], las principales características y tendencias identificadas en este estudio son las siguientes:

- Los principales procesos de alta temperatura están representados por la fusión de materiales ferrosos, fusión de materiales no ferrosos, tratamientos térmicos en empresas de fabricación de maquinaria, galvanizado para el tratamiento superficial.
- El gas natural en un 78 % representa el principal energético usado, el resto de energéticos son carbón, diesel, GLP, aceite quemado, biomasa y llantas usadas.
- El equipo térmico más usado en los procesos de calentamiento es el horno. En empresas de fusión de materiales ferrosos los hornos mas usados son tipo cubilote, que tienen baja eficiencia y presenta grandes emisiones derivadas de combustiones incompletas y de material particulado. En empresas de fusión de materiales no ferrosos se utiliza el horno convencional de crisol sin recuperación de calor.
- Se identificaron cuatro empresas de fundición, tres grandes y una pequeña, que utilizan la tecnología del horno de inducción.
- En la información reportada en la encuesta virtual se observa que solo el 19 % de las empresas aprovechan el calor residual de los gases de combustión, de lo cual se concluye que la mayoría de empresas con procesos combustión y calentamiento se caracterizan por tener baja eficiencia térmica.

- El 75% de las empresas están funcionando con producción permanente, el 22% en condiciones variables y ocasional.
- De 42 empresas que reportaron información acerca del impacto de los costos de la energía sobre los costos totales de producción se obtuvo lo siguiente: costos de menos del 5% para el 33.33% de las empresas, entre 5-15% el 30.95%, entre 15-25% el 19.05%, entre 25-50% el 9.52% y más del 50% el 7.14%.

Finalmente se logró identificar la problemática que presenta el sector, no solamente en la parte técnica, sino en temas relacionados con capacidad institucional y organizativa, comportamiento social y cultural, habilidades humanas e información y sensibilización. En resumen, la situación se caracteriza por:

- Los energéticos más usados son el gas natural en la fusión de materiales no ferrosos en horno de crisol convencional o de reverbero, en tratamientos térmicos y forjado. Carbón en la fusión de materiales ferrosos en hornos de cubilote. También en algunos casos para fusión de materiales ferrosos se utiliza electricidad en hornos de inducción. Se encuentran también el uso de combustible de mala calidad como aceite quemado y madera, con cual se tienen no solo bajas eficiencias energéticas, sino también condiciones críticas de emisiones gaseosas y de material particulado y condiciones extremas de salud ocupacional.
- En los hornos cúpula para la fusión de materiales ferrosos que utilizan carbón, debido a la naturaleza del combustible y a la combustión incompleta, los gases de combustión contienen alta cantidad de emisiones contaminantes (principalmente SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) y material particulado. La caracterización de este material mostró que la concentración de partículas arrojadas a la atmósfera con un tamaño espectral superior a 10 µm es superior al 90% y solo un 6% del material particulado emitido tiene un tamaño espectral entre 0.3 µm y 10 µm, situación que causa un impacto ambiental negativo sobre la zona de influencia de la industria y sobre la salud de los trabajadores.
- Generalmente los equipos de combustión usados son de baja eficiencia térmica, no implementan tecnologías para la recuperación de calor desde los gases de combustión, para el precalentamiento del aire de combustión y/o la carga, situación que explica porque para estos procesos de alta temperatura las eficiencias de combustión oscilen entre 25 a 40%, siguiéndose la tendencia de si el proceso es de mayor temperatura la eficiencia es menor.  
La situación descrita plantea mayor consumo específico por unida másica de producto elaborado, así por ejemplo, en la fundiciones de aluminio en horno convencional sin recuperación de calor, con temperatura de procesos entre 647 a 757°C, la temperatura de salida de los gases de combustión del horno es aproximadamente 1000°C, cuando se sustituya el horno por uno con recuperación de calor se pueden obtener ahorros de gas natural entre un 40 al 50%. Estas pérdidas de energía se incrementan cuando también se opera con una inadecuada relación aire combustible y un deficiente sistema de aislamiento térmico, como se examina más adelante.
- Los materiales de fabricación de los hornos, no son los usados actualmente en los equipos de nueva generación, los cuales se caracterizan por tener baja conductividad

térmica y baja inercia térmica. La deficiencia en el sistema de aislamiento de los hornos y los materiales con alta inercia térmica generan significativas pérdidas de energía a los alrededores. Así por ejemplo, cuando la temperatura al interior del horno es 1000 C y el sistema de aislamiento es de material convencional (ladrillo), la pérdida de calor a los alrededores es de 835 W/m<sup>2</sup> y la energía almacenada en la estructura 548 MJ/m<sup>2</sup> y la temperatura externa de la pared 91°C, mientras que con fibras cerámicas es de 348 W/m<sup>2</sup>, 20MJ/m<sup>2</sup> y 38 C respectivamente, como puede observarse las diferencia son muy significativas.

- En general son equipos cuyos sistemas de combustión no regulan la relación aire combustible y en muchos casos no se registran las temperaturas de proceso en línea. Las pérdidas de energía se incrementan cuando los hornos no operan con una adecuada relación de aire /combustible, con lo cual se obtiene combustión incompleta y formación de monóxido de carbono o excesos de aire innecesarios, encontrándose que la eficiencia de combustión se aumenta en 1 % por cada 15% de reducción de exceso de aire.
- Las condiciones de salud ocupacional son críticas: altas temperaturas en los sitios de trabajo por mal aislamiento y fugas de calor, inmisión de material particulado por los operarios y altos niveles de ruido. Así por ejemplo de los estudios realizados en el Vale de aburra, la evaluación de calor realizada en el área de influencia de los hornos, supera el WBGT para un tiempo de exposición del 75% de la jornada laboral en 5°C en promedio para todas las empresas
- Inadecuados sistemas de evacuación de humos los cuales generan condiciones extremas de alta temperatura y recirculación de productos de combustión en los recintos.
- La obsolescencia tecnológica combinada con la mala calidad de los combustibles usados genera índices de emisiones contaminantes muy altas tanto gaseosas como de material particulado. Además este factor tiene fuertes implicaciones en la productividad de los procesos y la calidad de los productos.
- La escala de producción actual de las Pymes en muchos casos, es menor a la capacidad nominal de las tecnologías de nueva generación disponibles en el mercado, situación que también se hace evidente cuando los niveles de producción de Pymes en países desarrollado se compara con la del sector metalmecánico colombiano con procesos de calentamiento a alta temperatura, situación que se constituye en una importante barrera para la transferencia de estas a las tecnologías situación que se constituye en una importante barrera para la transferencia de estas a las tecnologías. Los estudios realizado por el equipo consultor ya citados y también los niveles de producción observada en los diagnósticos realizados en el proyecto, permiten registrar los siguientes órdenes magnitud en la producción mensual por proceso los cuales se registran en la Tabla 28:

**Tabla 28 Escala de producción para las pymes por proceso.**

<b>PROCESO</b>	<b>PRODUCCIÓN MENSUAL</b>
<i>Fundición de cobre y bronce</i>	0,3, 2, 4, 4.8 y 12 toneladas
<i>Fundición de aluminio</i>	1, 2.5, 4.8, 6, 15 y 16 toneladas
<i>Fundición de plomo</i>	6 y 10 toneladas
<i>Fundición de materiales ferrosos</i>	4, 8, 20, 36,50 y 90 toneladas
<i>Tratamientos térmicos</i>	3, 5, 7, 10, 15, 28, 35, 40 y 52
<i>Deformación plástica</i>	3, 5, 6, 24 y 48 toneladas

La industria de la fundición de materiales ferrosos y no ferrosos en los Estados Unidos para el 2007 estaba constituida por 2480 empresas, de las cuales en un 94 % son pequeñas y medianas empresas (80 % con menos de 100 trabajadores y 14 % entre 100 y 250 trabajadores ), siendo los niveles de producción y factor de utilización de planta : 11200000 toneladas y 87% para fundición de hierro, 1510000 toneladas y 90% para fundición de acero, y 284000 toneladas y 89 % para fundición de aluminio [32].

Para este nivel de producción y teniendo una participación significativa de las pequeñas empresas, se concluye que su escala producción resulta muchísimo mayor que el de las pymes especializada en la fusión de materiales en Colombia. En consecuencia si las pymes del sector metalmeccánico del país no realizan los ajustes para mejorar la productividad y competitividad corren el riesgo de perder parte del mercado nacional, pero lo más importante no aprovechar la oportunidad de exportación de productos metalmeccánicos al mercado americano, que si bien tiene un sector fuerte no es autosuficiente.

- Problemas graves de porosidad en algunas piezas provenientes de fundición. Esta porosidad es atribuida a gases atrapados en la pieza especialmente el H<sub>2</sub> que está presente cuando hay combustión incompleta y a la presencia de humedad en la chatarra. La presencia de porosidad genera un detrimento de las propiedades mecánicas de la pieza y en muchos casos reprocesos que suelen producir sobrecostos a las empresas. Estos problemas se resuelven con la transferencia de las tecnologías priorizadas, por sus ventajas comparativas con respecto a las convencionales, en el sentido de que la transferencia de calor no se realiza por contacto entre los gases calientes y el material a fundir.
- Se encontraron productos con acabados superficiales deficientes, como herrajes para líneas de distribución y transmisión de energía eléctrica y partes para la industria automotriz, debido a arrastres de arena durante el vaciado, esto puede ser producto de falta de limpieza de los moldes de arena, canales de alimentación estrechos, por falta de apisonamiento del molde o porque el aglutinante escogido no es el adecuado. Otro defecto encontrado, es la descarburación superficial de las piezas como consecuencia del contacto directo con los productos de combustión en especial cuando se trabaja con grandes excesos de aire. Esta descarburación es permitida si solo se presenta de manera superficial y no afecta las propiedades mecánicas significativamente.
- En muchos casos se encuentra que una limitación para la toma de decisiones la constituye las condiciones de propiedad sobre el local, edificio o bodega donde está instalada la planta. Si la propiedad no es de la empresa, generalmente se observa una resistencia a la realización inversiones de infraestructura como la conexión a la red de gas natural. En el Valle de Aburra se encontró para las Pymes con procesos de alta temperatura que el 40 % no son propietaria de los edificios, ello da una señal para estructurar una propuesta para la construcción parques industrial para su ubicación, lo que también se justifica desde el punto de vista de asociación para superar los problemas de escala económica no apropiadas para el uso de la tecnología priorizadas.
- Se identificó una gran limitación cultural ya que en las empresas del sector, en la mayoría de los casos, no se manifiesta interés en el seguimiento investigativo de



tendencias en los procesos y nuevas tecnologías. Los procesos no tienen el seguimiento adecuado, dificultando la determinación de la calidad de los procesos, lo que es un actor clave a la hora de determinar una opción tecnológica que implique una mejora en estos.

- Las características del personal en relación a conocimiento y capacitación es muy básica, en Colombia no existen planes de formación de personal técnico en combustión y calentamiento electromagnético, que granicen una operación eficiente y segura de los sistemas térmicos en las Pymes, el aprendizaje se realiza por la experiencia rutinaria de los operarios, lo que probablemente es suficiente para la operación de tecnologías obsoletas, pero no para tecnologías modernas de alta eficiencia.

Una vez examinada la problemática anteriormente descrita, el equipo consultor procedió a la realización del taller de análisis de barreras, el cual se llevó a cabo el pasado 10 de diciembre de 2012. Este taller contó con la participación de actores claves, los cuales realizaron el ejercicio de retroalimentación en el que se validó el contexto expuesto y se complementó la problemática del sector en los siguientes aspectos: escasez de proveedores, problemas financieros, estructuración de proyectos, conformación de gremios, cooperación de las industrias con las instituciones I+D, cultura, escala productiva y difusión de la información, los cuales se justifican en detalle a continuación:

- Para el subsector de fundición existe un vacío en la fabricación de tecnologías en los procesos de fundición en la industria colombiana, específicamente de los hornos de inducción. Se espera que este vacío en la parte térmica se llene a corto plazo para así lograr afrontar las coyunturas que vengan, facilitando el acceso a fabricantes externos o fomentando el desarrollo de proveedores nacionales.
- De manera general para fomentar el desarrollo de proveedores es importante definir en qué forma se llevaría esto a cabo, ya sea por incentivo económico o por capital humano. En este aspecto las ESCOS juegan un rol importante como actor fundamental.
- En particular se encontró que el subsector de fundición presenta una alta resistencia a la conformación de gremios, debido a la alta dispersión y falta de organización de los actores. Como medida para superar esta barrera se plantea el fortalecimiento de los gremios ya existentes, así como también la creación de mecanismos que fomenten la cultura de asociatividad, lo cual se puede llevar a cabo a partir de ejemplos demostrativos o con la creación de incentivos que estén dirigidos a estas asociaciones.
- El estudio TNA involucró una exhaustiva revisión de la oferta y tendencias actuales de tecnologías eficientes para los procesos de calentamiento y combustión para el sector. Lo anterior reveló que en la mayoría de los casos que los diseños estándar de estas no son adaptables a la escala técnica y económica de las pymes, generándose situaciones de sobredimensionamiento y complejidad tecnológica excesiva. Como actor clave para la superación de esta barrera se involucraron las alcaldías, cámaras de comercio y corporaciones autónomas regionales, quienes tienen el poder de modificar el plan de ordenamiento territorial (POT), lo que es clave para la consolidación de parques industriales que agrupen pequeñas y medianas empresas

que no cuentan con los recursos necesarios para acceder a estas tecnologías. Lo anterior deja como estrategia la estructuración de proyectos de parques tecnológicos e industriales, para presentar al Fondo de Regalías en Ciencia y Tecnología, quien proporcionaría los recursos necesarios para la transferencia de la tecnología a implementar.

- Tanto para la estructuración como para la puesta en marcha de un proyecto de transferencia tecnológica es de gran importancia contar con la cooperación de los industriales para que las instituciones de I+D encargadas de liderar e implementar estos proyectos, lo hagan de tal manera que estos sean aplicables al contexto de las industrias del país y que pueda ser aprovechado por estas para la obtención de beneficios que fomenten su crecimiento e incrementen su competitividad. Para el fortalecimiento del vínculo Universidad-Empresa es importante contar con un intercambio de conocimiento en doble vía, dado que los proyectos de innovación y desarrollo que no tengan involucradas la empresa, tienen una alta probabilidad de no pasar de la fase de desarrollo en laboratorios, y lo que se busca es que este conocimiento llegue a la implementación y operación. Lo anterior se logra enfocando los proyectos a las necesidades del país, por lo que se propone la creación de centros de desarrollo tecnológico.
- Las mayores dificultades en la puesta en marcha de proyectos de transferencia tecnológica se dan en la etapa en la que se busca la financiación, esta toma más trabajo e incluso más tiempo en superar que las barreras asociadas a la parte técnica. Se analizó que una de las causas de la complejidad de esta barrera es la falta de estructuradores de proyecto, quienes serían un actor clave en la adecuada estructuración de proyecto, de tal forma que se facilite el acceso a incentivos. Por lo anterior se propone el desarrollo de estructuradores de proyectos que capturen los incentivos para las Pymes y adicional fomentar la difusión de créditos disponibles por medios de alta recepción por parte de los empresarios, ya que según entidades financieras, la mayoría de las Pymes no conocen estos elementos.
- Dado el bajo nivel de cultura en I+D+i y a las inadecuadas vías para transmitir información acerca de los beneficios de las tecnologías, la mayoría de los empresarios imponen resistencia a la penetración de estas tecnologías y a cambiar sus métodos de producción convencional. Para fomentar esta cultura se propone trabajar en la estructuración de un plan piloto, al cual se le debe realizar un constante seguimiento con el fin de que este plan trascienda y se multiplique su efecto. Para esta medida se planteó el término de índice de replicabilidad para estos planes piloto que se propongan.
- Es necesario encontrar un mecanismo que permita identificar y dar visibilidad a esas empresas que han sido un caso de éxito en la aplicación de tecnologías de combustión y calentamiento de alta eficiencia energética, reducida emisión de GEI, con impacto significativo en la mejora de la productividad de los procesos y de las condiciones de salud ocupacional.
- La información que se genere a raíz de la divulgación de los resultados obtenidos en la implementación de la tecnología, es un activo importante y contribuye positivamente en la superación de barreras culturales, pero es necesario canalizar esta información para que pueda servir como proyecto de referencia para los otros.

## **7.1 Identificación de barreras y clasificación CDIO.**

A partir de la metodología expuesta en el capítulo 1 y del análisis presentado anteriormente donde se evaluó la problemática del sector en el contexto colombiano, se identificaron las principales barreras de las tecnologías del sector.

Este listado se agrupa en las categorías aportadas por el desarrollo metodológico propuesto en *TNA Guidebooks Series: Overcoming Barriers to the Transfer and Diffusion of Climate Technology* [26] (Ver Capítulo 1 numeral c)

A continuación se listan las barreras identificadas en el subsector metalmecánico:

### **Barreras económicas y financieras.**

#### *Altos costos iniciales.*

Los costos de las tecnologías priorizadas en relación con las tecnologías convencionales que históricamente ha usado el subsector metalmecánico en procesos de alta temperatura son más altos. Las tecnologías convencionales no incorporan sistemas de recuperación de calor, ni materiales para aislamiento de nueva generación, ni sistemas de control digitalizados, esto resulta que sus costos sean inferiores, en muchos casos se obtienen por fabricación bajo pedido.

#### *Falta de proveedores nacionales.*

Los proveedores de tecnologías combustión y calentamiento electromagnético disponibles en país, son representantes de firmas de fabricantes extranjeras. Este factor afecta en gran medida los costos de inversión al tener que importar la tecnología, donde se debe asumir el pago de transporte, seguro e impuestos arancelarios, siendo el costo puesto en Colombia entre 1.25 a 1.4 del precio FOB, ocurriendo la posibilidad de que los periodos de envío o entrega pueden afectar el cronograma de producción y además debe tener en cuenta el pago de un transporte seguro hasta el lugar de instalación

Varios de estos representantes orientan su actividad comercial fundamentalmente hacia demandas en empresas grandes, por lo que el mercado de las pymes en muchos casos no resulta atractivo, los problemas de adaptación de su oferta tecnológica a la escala económica de este sector puede ser una de las principales razones.

Cuando no se dispone del personal calificado para manipular este tipo de tecnologías que provienen del extranjero en ocasiones se deben asumir cargos adicionales para su instalación. En muchos casos se puede comprometer la disponibilidad de la tecnología ante el primer fallo durante la operación.

#### *Altos costos de capital.*

El sistema financiero Colombiano no dispone de créditos blandos orientados a las pequeñas empresas, en particular para programas de eficiencia energética. Sobre este asunto los bancos son escépticos en cuanto a la rentabilidad y efectos de corto plazo en este tipo de inversión.

Uno de los pocos programas de financiación de proyectos de eficiencia energética lo realiza Bancolombia, con su línea de crédito especial para proyectos ambientales, el cual está disponible desde noviembre de 2011, contando con un cupo máximo de 200 mil millones de pesos, de los cuales el monto máximo a financiar por empresa es de 10 mil millones de pesos. Como condiciones se tiene que la empresa debe tener ventas anuales mayores a 8.400 SMLMV y la financiación se da a una tasa de interés de DTF más entre 5 y 8 puntos y un plazo de 5 años [33]. Si se tienen en cuenta las condiciones para

definición de Pymes en Colombia, esto es, mypymes <501 SMLMV en activos, pequeñas entre 501-5000 SMLMV en activos y medianas entre 5001-30000 SMLMV en activos, puede observarse que las condiciones para el acceso a este crédito para las pymes, exceptuando posiblemente un rango de las medianas, resultan difícil de alcanzar.

*Desconocimientos por parte de las pymes de los incentivos existentes: arancelarios y tributarios.*

Los altos costos de inversión y de capital que requiere la transferencia de las tecnologías priorizadas y la débil capacidad financiera de las pymes requieren de aprovechar los incentivos ya existentes en el país que promueven la eficiencia energética y la producción limpia. Desafortunadamente el desconocimiento de estos instrumentos por parte de los empresarios, dado que en la mayoría de casos la divulgación se orienta a través de las asociaciones de las grandes empresas, hacen que el sector de pymes tenga una baja participación en la presentación de solicitudes y proyectos. De otra parte la falta de instituciones o consultores que se especialicen en la divulgación, estructuración de proyectos para aprovechar incentivos, con orientación a las pymes profundizan la limitación señalada.

*Altos costos de modificación e implementación.*

Para algunas de las tecnologías priorizadas, su transferencia no solo depende de la disponibilidad de la tecnología como tal, sino también de las modificaciones o adecuaciones complementarias que hay que realizar para la puesta en operación de la tecnología, cuyos costos en algunos casos pueden ser mayores o iguales al costo de esta.

*Incertidumbre en las tarifas de los energéticos.*

El precio de la energía en el mercado regulado, del cual hacen parte la mayoría de pequeñas y medianas empresas, depende de las condiciones hidrológicas del país y el nivel de tensión y consumo en los procesos productivos. Esta situación hace que el costo del kWh en el sector de las pymes presente en determinados periodos del año tendencia al alza.

De otro lado la tarifa también se ve fuertemente afectada por el nivel de consumo y tensión, así por ejemplo en el año 2011 para un consumo y nivel de tensión de 0.66 MWh el precio del kWh fue de \$275, mientras que para un consumo y nivel de tensión de 0.25 MWh el precio del kWh fue de \$291.6 [34]. Como puede observarse los esfuerzos para reducción de consumo por la vía de la mejora a la eficiencia energética son penalizados, en tanto a menor consumo mayor precio. Este comportamiento no da señales adecuadas para que las pymes acometan proyectos de mejora de la eficiencia energética.

*Uso del tiempo de retorno de inversión (TIR) como criterio económico decisión.*

Las empresas a la hora de invertir toman el valor de la TIR como criterio para determinar la viabilidad del proyecto, en particular aquellas que tienen cultura financiera, esta da la señal si es necesario disponer de algún subsidio o donación adicional, si la propuesta es financieramente auto-sostenible y si se debe estudiar en mayor detalle porque es una propuesta atractiva para inversionistas y prestamistas. El valor de la TIR determina si el proyecto se lleva o no se lleva a cabo.

## **Fallas en el mercado.**

*Restricciones en el tamaño de la demanda y/o falta de instituciones para promover y mejorar el mercado.*

Si bien el sector metalmecánico es importante en la economía colombiana, el grado de desarrollo económico del país, y su baja capacidad de exportación de productos con valor agregado, hace que la demanda de tecnologías de combustión y calentamiento no sea

grande y esté localizada fundamentalmente en Pymes. Esta situación va ser profundizada por la entrada en vigencia de los tratados de libre comercio con Estados Unidos y Corea, países que tienen un sector metalmecánico muy desarrollado y con altos niveles de competitividad del mercado internacional.

Por otro lado se tiene que las tecnologías priorizadas, tienen un estándar de producción óptima a partir de ciertos valores.

*Carencia de proyectos de referencia en el país y/o poca visibilidad de las tecnologías*

No obstante la poca divulgación y transferencia tecnológica de las tecnologías priorizadas en el sector metalmecánico colombiano, en el país ya se registran algunos casos en que las tecnologías han sido aplicadas, sin embargo no existen en el país la identificación de dichos proyectos, su ubicación, los resultados obtenidos y la relación beneficio/costo alcanzada, por lo que su existencia no ha contribuido a la sensibilización y superación del escepticismo por el cambio de las tecnologías en el sector.

**Normas y regulaciones legales.**

*Marco regulatorio actual no estimula la eficiencia energética.*

El marco regulatorio colombiano para la electricidad y gas natural al definir la estructura tarifaria establece que el precio depende del nivel de consumo, por lo que la reducción de consumos por la vía de la eficiencia energética, no siempre se traduce en menos costos para la industrias, situación que se vuelve más crítica en las pymes por los bajos niveles de consumo y tensión. En la presentación de la barrera “*Incertidumbre en el costo de los energéticos*” se realiza para el caso de la electricidad una ilustración al respecto.

En Colombia dado que hasta hoy el sistema de regulación tiene como objetivo primordial estimular la competencia entre los agentes y garantizar las inversiones de la infraestructura energética para lograr la confiabilidad y disponibilidad de energía en la economía y la sociedad, existen pocas posibilidades que la regulación pueda tener cambios que consulten el interés de estimular la eficiencia energética, la producción limpia y la reducción de gases de efecto invernadero. Podemos decir que esta situación por lo menos en el mediano plazo en el país constituye una condición de borde, es decir, de difícil modificación.

**Fallas en la comunicación.**

*Escasa cooperación entre los industriales y las instituciones de I+D.*

Por la escasez de recursos financieros que caracterizan las pymes, lo cual les impide buscar soluciones tecnológicas a sus problemas en el mercado de tecnologías estandarizadas, y también a que muchas de las soluciones requieren ser planteadas “a la medida del cliente y/o proceso”, la relación con las instituciones de I+D es una opción para superar estas limitaciones. Sin embargo no existe en Colombia una tradición de sinergia entre las pymes y las universidades con áreas de conocimiento que contribuyan a la solución de los problemas. Los avances en la relación universidad-empresa-estado que se han dado en algunas regiones del país en los últimos 10 años, por ejemplo en Antioquia, fundamentalmente han estado basadas en la gran empresa.

Las únicas experiencias específicas a nivel regional que se registran en el país en el sector metalmecánico se tienen en dos departamentos. En el departamento de Antioquia, en las que el Grupo de Ciencia y Tecnología del Gas ha realizado proyectos de innovación en tecnologías de combustión y calentamiento con potencial de aplicaciones en el sector metalmecánico con procesos de alta temperatura. En el departamento del Valle donde las entidades Centro de Desarrollo Productivo para la Fundición y la Soldadura y el Centro

de Desarrollo Metalmecánico del Pacífico realizan actividades de desarrollo tecnológico, certificación de procesos y capacitación para el sector.

A nivel sectorial solo en el subsector automotriz se ha creado en diciembre del año 2012 el Centro de Desarrollo Tecnológico de la Industria Automotriz como una herramienta para la industria de autopartes y vehículos que le permita avanzar en investigación, desarrollo e innovación.

De otro lado cuando se examina la presentación de proyectos para aprovechar incentivos en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (Colciencias) o en otras instituciones, se observa que la mayoría de proyectos estructurados son entre grupos de investigación y grandes empresas.

### **Capacidad institucional y organizativa.**

*La mayoría de las empresas son Pymes con débil grado de integración y encadenamientos.*

En general el sector metalmecánico en Colombia ha evolucionado de manera dispersa, no observándose encadenamientos productivos fuertes que impliquen la integración de la cadena de procesos de fabricación tales como: iniciando con fusión de materiales y/o forjado, continuando con tratamientos térmicos para la mejora de propiedades, siguiendo con recubrimientos superficiales, inspección y control de calidad, esta integración de procesos genera economías de escala y aprovecha una infraestructura común para servicios técnicos auxiliares y administrativos.

Si bien hoy se realizan esfuerzos para la integración por parte de grandes empresas anclas, esto es empresas fabricantes grandes de bienes generalmente de gran complejidad tecnológica que requieren el suministro de componentes y accesorios ofrecidos por pymes, aun esta estrategia es débil y requiere ser fortalecida con lo cual se contribuirá a mayores niveles de integración de pymes y en consecuencia mejorar su productividad y competitividad.

*Cultura de I+D limitada.*

Generalmente son empresas sin cultura tecnológica para hacerle seguimiento y evaluación a nuevas tecnologías, a la selección apropiada de los energéticos y para la identificación de instituciones que eventualmente pueden contribuir a la solución de sus problemas tecnológicos, tales como centros tecnológicos y grupos de investigación.

Esta situación históricamente las ha conducido al reducido interés por el cambio tecnológico y más bien sus esfuerzos se orientan a alcanzar condiciones de subsistencia en el mercado. Así las cosas, se presenta una relación directa entre escasa cultura I+D, alto grado de obsolescencia tecnológica de sus procesos, debilidades para diversificar e incrementar la producción y vulnerabilidad ante las condiciones actuales de competencia por la apertura de la economía nacional.

### **Habilidades humanas.**

*Débil formación de personal en el manejo de nuevas tecnologías y temas de eficiencia energética, producción limpia y efecto invernadero.*

La operación eficiente, segura y con altos índices de disponibilidad de las tecnologías priorizadas requieren de personal técnico capacitado en conocimientos relacionados con las propiedades de combustión de los combustibles, con las especificaciones técnicas de las tecnologías, con los fenómenos de combustión, con los factores que afectan la eficiencia energética y las emisiones contaminantes, con los tipos de transferencia de calor, con las propiedades de los sistemas de calentamiento electromagnético y sus parámetros básicos, con las técnicas de control y registro digital de señales.

En Colombia no existen planes de formación de personal técnico en combustión y calentamiento electromagnético, el aprendizaje principalmente se realiza por la experiencia rutinaria de los operarios, lo que probablemente es suficiente para la operación de tecnologías obsoletas, pero no para el manejo de las tecnologías priorizadas. Se han revisado los programas de formación técnica del Sena y de otras instituciones tecnológicas, y no se encuentra un registro de que se impartan este tipo de programas. En el caso del Sena existe en Bogotá el Centro Metal Mecánico, pero únicamente ofrece capacitación en máquinas y herramientas, mantenimiento y automatización industrial. La única experiencia importante que se encontró a nivel de certificación de técnicos en fundición y soldadura es la que realiza en el Valle el Centro de Desarrollo Metalmeccánico del Pacífico.

### **Comportamiento social y cultural.**

*Falta de conciencia en la importancia de la eficiencia energética como variable de competitividad y productividad.*

La mayoría de las empresas tienen un alto grado de insensibilidad y desconocimiento por parte de la gerencia de la importancia del tema de eficiencia energética en la competitividad industrial. Además no se dispone de información apropiada acerca de cómo afecta a los costos de producción y calidad de los productos, las ineficiencias y problemas operativos de los sistemas de combustión y calentamiento. Así por ejemplo no se trasciende que evacuar gases de combustión a 1000°C a la atmósfera se está aproximadamente desperdiciando el 70% del costo del combustible, o como el contacto de los gases de combustión con el material fundido afecta la porosidad de los productos y en consecuencia se incrementa el número de rechazo de piezas y la necesidad de reciclar los productos de mala calidad con lo cual se afectan los índices de productividad y competitividad.

### **Información y sensibilización.**

*Desconocimiento de las tecnologías por inadecuada información.*

La falta de información genera una percepción de funcionamiento incierto de la tecnología y al no disponer de proyectos de referencia y programas demostrativos en los que se muestren las ventajas comparativas y la relación costo/beneficio de las nuevas tecnologías. Esta situación se genera también porque los propietarios o gerentes de las pymes no reciben formación tecnológica de sus procesos, ni acceden a fuentes de información que les permita hacer seguimientos al cambio tecnológico y nuevas opciones de producción. Esta situación se agrava porque las asociaciones de pymes están más interesadas en los asuntos gremiales ante las entidades del gobierno, que desarrollar actividades de divulgación en nuevas tendencias en los negocios y capacitación técnica.

### **Técnicas.**

*Tecnología no adaptable a la escala productiva de las Pymes.*

La oferta de tecnologías estándar de nueva generación disponibles comercialmente, para sistemas de combustión y calentamiento en procesos de alta temperatura para el uso del gas natural y otros combustibles, generalmente no son adaptables a la escala económica de la PYMES, y además no existen ofertas comerciales para realizar procesos de adaptación de estas tecnologías a la escala económica y particularidades técnicas de los procesos de alta temperatura. No tener en cuenta esta situación puede generar sobredimensionamiento excesivos en la instalación de estas tecnologías con lo cual se incurre en altos costos de inversión y tiempos grandes de recuperación de la inversión,

dándose entonces señales negativas a empresas con interés de realizar la absorción de estas tecnologías.

Con la realización de los diagnósticos energéticos se evidenció que la capacidad de producción varía mucho de una pyme a otra, sin embargo se podría afirmar que la mayoría de estas tienen una capacidad de producción de 200 Ton/año a 1500 Ton/año aproximadamente, teniendo cuenta claro está unas pocas pymes presentan volúmenes de producción muy por encima de la capacidad aproximada establecida.

Con la anterior se llega a la conclusión que tecnologías diseñadas por encima de la capacidad de las pymes puede resultar en un sobredimensionamiento, y como consecuencia un funcionamiento inadecuado de la tecnología, donde en la mayoría de los casos esta tendría que ser subutilizada.

De otro lado, el grado de sofisticación y complejidad de los sistemas de instrumentación y control incorporados en las tecnologías de combustión y calentamiento de nueva generación, generalmente no es asimilable al nivel tecnológico de los operarios, por lo que normalmente se generan problemas de operación óptima y de disponibilidad de los equipos. Como ya se analizó, esta situación exige de la formación de personal altamente calificado, para asegurar una operación eficiente, segura y con altos índices de disponibilidad de las tecnologías priorizadas.

*Necesidad de proyectos demostrativos que venzan el escepticismo tecnológico.*

La implementación de proyectos pilotos demostrativos son claves para lograr información que verifique las siguientes ventajas comparativas de las tecnologías priorizadas:

- Disminución del consumo de combustible y en consecuencia la disminución de la intensidad energética (energía por unidad másica de producto) de los procesos de combustión y calentamiento.
- Comprobación de la disminución de los índices de emisiones contaminantes que afectan la calidad del aire: monóxido de carbono, óxidos nitrosos, compuestos volátiles orgánicos y material particulado.
- Verificación en la mejora de la calidad de los productos al obtenerse piezas y accesorios con nula porosidad, con nulas tensiones residuales, sin puntos calientes y sin oxidación parcial o total, sin descarburación superficial y sin acabados superficiales deficientes.
- Cambios en las condiciones de salud ocupacional por la disminución de fugas de calor asociadas a malos aislamientos, inmisión de partículas y gases por la incorrecta evacuación de gases de combustión, disminución de accidentes por quemaduras al reducirse las temperaturas de las paredes externas de los hornos y disminución de niveles de ruido. Para todas estas variables existen técnicas de verificación.
- Cuantificación del tiempo esperado de recuperación de la inversión y obtención de información para el análisis de otros indicadores financieros.

*Falta de proveedores nacionales.*

Si bien la existencia en el país de un reducido número de empresas representantes comerciales de proveedores internacionales de algunas de las tecnologías priorizadas (quemadores autoregenerativos y hornos de inducción), puede garantizar el suministro de estas y los posibles servicios de postventa, es deseable que se avance en una capacidad nacional para el diseño, fabricación y adaptación de estas tecnologías. Esto porque una de las barreras para la transferencia es la no adaptación de las tecnologías priorizadas a la escala de producción de muchas pymes, situación que se supera si existe una capacidad nacional de diseño y fabricación a la medida de las necesidades de los



clientes y en condiciones económicas favorables, esto es, asegurar en condiciones óptimas la reducción de escala de la tecnología cuando ello sea necesario. Adicionalmente una capacidad nacional de innovación en nuevas de tecnologías de combustión y calentamiento electromagnético, garantiza continuar el cambio tecnológico mundial y así evitar el rezago tecnológico a futuro.

Luego de analizar y consolidar el listado de barreras para el sector metalmeccánico se procedió a seguir la metodología propuesta por el Grupo de Investigación Oceanicos de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, en donde se define la participación de cada barrera en cada una de las fases de desarrollo de la tecnología o enfoque CDIO, el cual se describe en la Tabla 29.

**Tabla 29 Enfoque CDIO para las barreras identificadas en el sector metalmeccánico.**

<b>BARRERAS IDENTIFICADAS PARA EL SECTOR METALMECÁNICO</b>	<b>FASE</b>
<b>Económicas y financieras</b>	
Altos costos iniciales.	C D I O
Falta de proveedores nacionales.	C D I O
Altos costos de capital.	I O
Desconocimiento por parte de las pymes de los incentivos existentes: arancelarios y tributarios.	C D I O
Altos costos de modificación e implementación	C D I O
Incertidumbre en las tarifas de los energéticos.	C D I O
Uso del tiempo de retorno de inversión (TIR) como criterio económico decisión.	C D I O
<b>Fallas en el Mercado</b>	
Restricciones en el tamaño de la demanda y/o falta de instituciones para promover y mejorar el mercado.	C D I O
Carencia de proyectos de referencia en el país y/o poca visibilidad de las tecnologías.	C D I O
<b>Normas y regulaciones legales.</b>	
Marco regulatorio actual no estimula la eficiencia energética.	C D I O
<b>Fallas en la comunicación.</b>	
Escasa cooperación entre los industriales y las instituciones de I+D.	C D I O
<b>Capacidad institucional y organizativa.</b>	
La mayoría de las empresas son Pymes con débil grado de integración y encadenamientos.	C D I O
Cultura de I+D limitada.	C D I O
<b>Habilidades humanas.</b>	
Débil formación de personal en el manejo de nuevas tecnologías y temas de eficiencia energética, producción limpia y efecto invernadero.	C D I O
<b>Comportamiento social y cultural.</b>	
Falta de conciencia en la importancia de la eficiencia energética como variable de competitividad y productividad.	C D I O
<b>Información y sensibilización.</b>	
Desconocimiento de las tecnologías por inadecuada información.	C D I O
<b>Técnicas</b>	
Tecnología no adaptable a la escala productiva de las Pymes.	C D I O
Necesidad de proyectos demostrativos que vengán el escepticismo tecnológico.	C D I O
Falta de proveedores nacionales.	C D I O

A partir de la clasificación presentada en la Tabla 29 se encontró lo siguiente:

Se identificaron las barreras que deben superarse en la etapa inicial donde se concibe el proyecto, son de gran importancia ya que estas son el punto de partida del proceso de

transferencia de la tecnología, estas son: uso de la TIR como criterio de decisión y las limitaciones dadas en el tamaño de demanda, marco regulatorio y cultura I+D.

Por otro lado se identificaron las barreras que hacen parte de las etapas intermedias del proceso de transferencia (diseño e implementación), los cuales pueden ocasionar retardos y estancamientos que lleven a que la propuesta tecnológica evaluada y aprobada en la etapa de concepción resulte ser inviable o poco atractiva, estas son: falta de proveedores nacionales, desconocimiento de incentivos, costos de modificación e implementación, carencia de proyectos referencia, escasa cooperación entre industriales e instituciones I+D, pymes con débil grado de integración, falta de conciencia en el eficiencia energética, desconocimiento de las tecnologías, problemas de escala y falta de proyectos demostrativos.

Para la fase de operación se identificaron las barreras que van a determinar la implementación y sostenibilidad exitosa de las tecnologías, las cuales fueron: incertidumbre en la tarifa de los energéticos, débil formación del personal, desconocimiento de las tecnologías, falta de proyectos demostrativos. Al desarrollar este tipo de proyectos se debe tener presente la superación de las barreras dado que los inconvenientes en la etapa de operación de la tecnología se imposibilitan los procesos productivos en los que está participa, llevando al fracaso el proceso de transferencia tecnológica y con implicaciones más graves dado que en esta fase ya se han asumido los costos de inversión, modificación y capital.

Finalmente es importante rescatar que la barrera relacionada con la falta de proveedores nacionales, tanto en la parte económica como la técnica, es una barrera que tiene participación en las cuatro fases de desarrollo del proyecto, por lo que su superación también tendrá implicaciones positivas en las cuatro etapas y facilitará el proceso de transferencia, es decir, si esta barrera logra ser superada desde la concepción del proyecto, no generará más inconvenientes a futuro. Debe tenerse claro que esta barrera siempre debe ser analizada desde el punto de vista económico-financiero y el punto de vista técnico.

### **7.1.1 Análisis de barreras para las tecnologías priorizadas en el subsector metalmecánico.**

Dada la conveniencia de identificar las condiciones específicas en que algunas barreras adquieren importancia como obstáculo para la transferencia de las tecnologías priorizadas en la Tabla 30 se presentan consideraciones y análisis sobre esta situación.

**Evaluación de Necesidades Tecnológicas - Mitigación**  
**República de Colombia**

**Tabla 30 Análisis de barreras para las tecnologías priorizadas en el subsector metalmeccánico**

		HORNO DE CRISOL AUTOREGENERATIVO	QUEMADORES AUTORECUPERATIVOS Y AUTOREGENERATIVOS	HORNO DE INDUCCIÓN
<b>BARRERAS</b>	<b>ECONÓMICAS Y FINANCIERAS</b>	<p><b>Altos costos iniciales</b></p> <p>El horno de crisol autoregenerativo para una capacidad máxima de 500 kg/día de aluminio tiene un costo de COP 120 millones de pesos, que comparado con los costos de los hornos de crisol que no incorporan recuperación de calor y materiales modernos, puede resultar con un costo entre 2 a 3 veces mayor.</p>	<p>Los quemadores autorecuperativos para potencias de 158 kW tienen un costo puesto en el país de COP 18 millones, que comparado con quemadores convencionales sin recuperación de calor pueden ser 2 veces mayor, sin embargo hay que tener en cuenta los costos adicionales de repotenciación y ajustes en los hornos existentes donde se instale esta nueva tecnología, por lo que la relación anterior resulta mayor.</p> <p>Los quemadores autoregenerativos para potencias de 500 kW tienen un costo puesto en el país de COP 84 millones, que comparado con quemadores convencionales sin recuperación de calor pueden ser entre 8 a 9 veces mayor que los quemadores convencionales.</p>	<p>El horno de inducción para una capacidad promedio de 500 kg/h de fusión ferrosa tiene un costo de COP 380 millones (puesto en puerto) que comparado con un horno de cúpula que son los que actualmente se utilizan, su costo resulta entre 4 a 6 veces mayor.</p>
	<p><b>Falta de proveedores nacionales</b></p>	<p>Para los hornos de combustión y quemadores autorecuperativo se han identificado 7 proveedores con un servicio de comercialización y postventa organizado, la mayoría representante marcas internacionales entre los cuales se encuentran: Indisa, Gasteco, Gas y Gas, Premac, Hormesa; Termoindustriales, Termaltec y TKF. En relación con las tecnologías priorizadas, la empresa TKF tiene experiencia en la fabricación de hornos de tratamientos térmicos, pero en su información técnica no se evidencian experiencias con sistema de recuperación de calor, Indisa es el fabricante del horno de crisol autoregenerativo.</p>	<p>Para el horno de inducción entre las marcas internacionales reconocidas se tienen la siguientes Inductoterm, Ajax y 5M, para pequeña y mediana escala. En este estudio se identificó que la empresa 5M cuenta con representación nacional y comercializó un horno en la empresa Metalnodul ubicada en la ciudad de Bogotá y con una capacidad de 500 kg/hora para la fusión de materiales ferrosos.</p>	
	<p><b>Altos costos de modificación e implementación</b></p>	<p>En el caso del horno de crisol autoregenerativo y los quemadores autorecuperativos y autoregenerativos la no disponibilidad de redes de gas natural, de estación de medición y regulación y las redes internas en la planta, impiden la utilización de estas tecnologías. Estas inversiones pueden ser entre un 20-30% del costo de las tecnologías de combustión.</p>	<p>Para los quemadores autorecuperativos y autoregenerativos cuando ellos se apliquen en hornos existentes y en operación, se requiere que en estos se realicen ajustes y modificaciones para alcanzar condiciones óptimas de operación y de alta eficiencia energética. Estas modificaciones están</p>	<p>Para el caso del horno de inducción se requiere la instalación de transformadores eléctricos de alta tensión para la alimentación de la corriente eléctrica, lo cual incrementa los costos de inversión, en el taller de barreras se conoció la experiencia de la empresa Metalnodul la cual debió instalar un transformador de 500 kW además de realizar las obras civiles requeridas y cubrir los impuestos de importación, lo cual tuvo un costo adicional de COP 200 millones, mientras que el costo del horno de inducción fue de COP 380 millones.</p>

**Evaluación de Necesidades Tecnológicas - Mitigación**  
**República de Colombia**

		HORNO DE CRISOL AUTOREGENERATIVO	QUEMADORES AUTORECUPERATIVOS Y AUTOREGENERATIVOS	HORNO DE INDUCCIÓN
<b>FALLAS EN EL MERCADO</b>			relacionadas con el cambio de aislamiento del horno para evitar fugas de calor por las paredes, control de la presión interna del horno para minimizar las infiltraciones de aire frío a su interior, y en algunos casos modificaciones en la configuración geométrica.	
	<b>Uso del tiempo de retorno de inversión (TIR) como criterio económico decisión.</b>	--	--	Particularmente, el análisis económico financiero realizado para el horno de inducción ha revelado como la estimación de la TIR tiene una alta sensibilidad a factores como: la eficiencia, factor de utilización y el costo de operación el cual está asociado al costo de la electricidad. Esto hace que para cada pyme en particular sea necesario evaluar cuidadosamente si esta tecnología es viable económicamente. El análisis realizado para el horno de inducción tuvo como resultado una TIR entre 0%-5%, lo que hace que esta tecnología sea financieramente auto sostenible, pero puede verse en una situación en la que tendría limitado o nulo interés por parte del sector privado para ser objeto de inversiones.
	<b>Restricciones en el tamaño de la demanda y/o falta de instituciones para promover y mejorar el mercado</b>	El horno de crisol autoregenerativo tiene un comportamiento óptimo desde el punto de vista de consumo específico de gas natural cuando en un día puede producir 500 kg de aluminio, producción realizada en tres Batch.	--	Si bien los hornos de inducción están diseñados para un amplio rango de capacidades que van desde 60 kg hasta 100 Ton debe buscarse que la operación se realice a la máxima capacidad de diseño del horno con el fin de maximizar la eficiencia, aumentar la vida útil y evitar problemas de recalentamiento en piezas del horno. Dada que la mayoría de las pymes colombianas tienen un nivel de producción muy bajo, si acceden a esta tecnología tendrían que mejorar el mercado de su producto para incrementar la producción o subutilizar la tecnología.
	<b>Carencia de proyectos</b>	En el caso del horno de crisol	--	Es de conocimiento por parte del equipo consultor, que

**Evaluación de Necesidades Tecnológicas - Mitigación**  
**República de Colombia**

		HORNO DE CRISOL AUTOREGENERATIVO	QUEMADORES AUTORECUPERATIVOS Y AUTOREGENERATIVOS	HORNO DE INDUCCIÓN
<b>TÉCNICAS</b>	<b>de referencia en el país y/o poca visibilidad de las tecnologías</b>	<p>autoregenerativo ya se realizó un proyecto piloto demostrativo durante dos meses en la fundición Uribe Molina, ubicada en Guarne Antioquia, pyme que se especializa en la fabricación de herrajes para líneas de distribución y transmisión eléctrica. Durante las demostraciones se redujo en un 50% el consumo de gas natural con respecto a los hornos convencionales, se mejoró ostensiblemente las condiciones de salud ocupacional y las piezas fundidas no presentaron porosidad y en consecuencia se obtuvo una mejor calidad de producto. Actualmente la empresa Indisa, ubicada en la ciudad de Medellín, ha adquirido los derechos de licenciamiento de esta tecnología y se encuentra en proceso de fabricación y comercialización de este.</p>		<p>en Colombia existen un proyecto de referencia exitoso en pymes para el horno de inducción el cual se ubica en la ciudad de Bogotá, en la empresa Metalnodul la cual se dedica a la fabricación de piezas fundidas de materiales ferrosos e hizo el cambio tecnológico hace 4 años.</p> <p>En relación con las posibilidades nacionales de fabricación del horno de inducción, se ha conocido que el Centro de Desarrollo Metalmecánico del Pacífico ha desarrollado un prototipo de este equipo, pero la información reportada no permite concluir acerca de aplicación en proyectos pilotos o comercialización.</p>
	<b>Falta de proveedores nacionales</b>	<p>En el caso del horno de crisol autoregenerativo se tiene garantizada una capacidad nacional de fabricación en tanto la empresa Indisa, la cual tiene una importante experiencia en el desarrollo de equipos térmicos, ha licenciado esta tecnología y se encuentra en proceso de fabricación y comercialización.</p>	--	<p>En cuanto al horno de inducción se ven grandes posibilidades para que los fabricantes de transformadores eléctricos existentes en el país, con infraestructura de producción y diseño para equipos eléctricos y estáticos, puedan diversificar su producción y en consecuencia garantizar la fabricación nacional de esta tecnología. También es conveniente el seguimiento y apoyo a la experiencia del Centro de Desarrollo Metalmecánico del Pacífico, quien ha desarrollado un prototipo de horno de inducción.</p>

Del análisis de las barreras específicas más importantes para las tecnologías priorizadas, se obtiene las siguientes conclusiones:

- Los costos de inversión de las tecnologías priorizadas resultan mayores que las tecnologías convencionales actualmente usadas, el orden de magnitud de las inversiones no está al alcance de la financiación de las pymes con recursos propios, por lo que la superación de esta barrera deberá combinar la aplicación de incentivos en la modalidad contingente (no reembolsable), del tipo que se describen más adelante en algunas de las medidas consideradas.
- La falta de proveedores nacionales se torna más crítica para los quemadores autorecuperativos y autoregenerativos, y para el horno de inducción, siendo conveniente la definición de medidas que estimulen la capacidad de desarrollo tecnológico y fabricación de estas tecnologías en el país, para lo cual hay que realizar esfuerzos para su desescalación que las adapten a las escalas de producción de las pymes y requerimientos específicos técnicos de sus procesos.
- La tecnología que es más sensible al efecto del precio del energético sobre la TIR es el horno de inducción, debido a que la electricidad es el energético de mayor precio en la canasta energética nacional, situación que se agrava para los niveles de consumo y tensión de las Pymes. Debido a que esta barrera está fuertemente asociada al marco regulatorio vigente en el mercado eléctrico colombiano, que como se analizó anteriormente es difícil de modificar, los esfuerzos para superarla deben orientarse para aprovechar economías de escala y conexiones eléctricas con mayores niveles de tensión, con respecto a las actualmente usadas por las pymes, para lo cual medidas relacionadas con implementación de parques industriales resulta pertinente.
- En el caso de los quemadores y el horno de inducción, la puesta en operación de estas tecnologías requieren de inversiones adicionales en infraestructura complementaria, ajustes y optimización en los procesos, situación que incrementa los costos de inversión, esto se torna más crítico cuando hay carencia de capacidades técnicas nacionales para responder a estos requerimientos. Para superar esta barrera es conveniente la implementación de medidas para la formación de técnicos y operarios en tecnologías de combustión, calentamiento electromagnético.
- Las restricciones en el tamaño de la demanda asociadas al número de pymes con procesos de alta temperatura y también a sus pequeños volúmenes de producción, comparados con los de pymes de países desarrollados y/o de países con alta densidad de población como India, se supera si se implementan medidas que consoliden capacidades nacionales para la desescalación y fabricación de las tecnologías, que los proveedores diseñen modelos de negocios centrados en contratos de fabricación para reducir los costos de fabricación y manejo de inventarios, como también la utilización de incentivos para reducir a las pymes los costos de inversión.

## **7.2 Identificación de medidas para la superación de barreras y clasificación CDIO.**

A partir del planteamiento de la problemática que presenta el sector metalmecánico, el cual fue evaluado por el equipo consultor de la componente mitigación y complementado y validado por los diferentes actores involucrados, incluido los diagnósticos energéticos realizados en estudio realizado por el CAEM para el MADS, se logró consolidar el listado definitivo de barreras y para cada una de estas se plantearon las medidas que proporcionarían las posibles soluciones para tener un proceso de transferencia tecnológica exitoso, las cuales se listan a continuación, así como el enfoque CDIO para cada una de ellas (ver Tabla 32):

### Medidas económicas y financieras.

*Exención del IVA: Incentivos establecidos en la Resolución 0186 de 2012 del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible [35, 36].*

Aplicar en la estructuración y ejecución de los proyectos de cambio de tecnologías, los incentivos establecidos en la Resolución 0186 de 2012 del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, relacionadas con la exención del IVA, lo cual representa una reducción del 16 % en los costos de inversión, como también de la deducción de hasta el 20% de la renta líquida por inversiones en control y mejoramiento ambiental, en las evaluaciones debe tenerse en cuenta que según la reforma tributaria aprobada en el 2013, el impuesto a la renta líquida es del 25%. Para tener una idea del orden de magnitud en que el aprovechamiento de esta medida puede ser un estímulo económico atractivo para las pymes que accedan a la transferencia de las tecnologías priorizadas, a continuación se presenta el siguiente ejercicio de simulación y sensibilización:

En la Tabla 31 se presenta el ahorro tributario que tendría una pyme y el descuento por IVA, para lo cual también se tiene en cuenta el costo de las tecnologías priorizadas presentadas anteriormente:

**Tabla 31 Ahorro por deducción de IVA e impuesto de renta para las tecnologías priorizadas**

Descripción	Horno de crisol <sup>a</sup>	Horno de inducción <sup>b</sup>	Quemadores autorecuperativos <sup>a</sup>	Quemadores autoregenerativos <sup>a</sup>
<b>Inversión</b>	\$ 120,000,000.00	\$ 580,000,000.00	\$ 18,000,000.00	\$ 84,000,000.00
<b>Beneficio económico por IVA (16%)</b>	\$ 19,200,000.00	\$ 92,800,000.00	\$ 2,880,000.00	\$ 13,440,000.00
<b>Nueva renta líquida (beneficio tributario)</b>	\$ 580,000,000.00	\$ 2,420,000,000.00	\$ 682,000,000.00	\$ 616,000,000.00
<b>Impuesto renta líquida sin deducción (25%)</b>	\$ 175,000,000.00	\$ 750,000,000.00	\$ 175,000,000.00	\$ 175,000,000.00
<b>Impuesto renta líquida con deducción (25%)</b>	\$ 145,000,000.00	\$ 605,000,000.00	\$ 170,500,000.00	\$ 154,000,000.00
<b>Beneficio económico por deducción en renta líquida.</b>	\$ 30,000,000.00	\$ 145,000,000.00	\$ 4,500,000.00	\$ 21,000,000.00
<b>BENEFICIO TOTAL</b>	<b>\$ 49,200,000.00</b>	<b>\$ 237,800,000.00</b>	<b>\$ 7,380,000.00</b>	<b>\$ 34,440,000.00</b>

<sup>a</sup> Caso para renta líquida de 700 millones para la cual la inversión no excede el 20% de esta.

<sup>b</sup> Caso para renta líquida de 3.000 millones para la cual la inversión no excede el 20% de esta.

Como puede observarse la estructuración de estos proyectos de inversión para la transferencia de las tecnologías priorizadas, aprovechando el incentivo descrito, permitiría un ahorro con respecto a los costos del inversión del 41% para cada una de las tecnologías priorizadas. Estos ordenes de magnitud son atractivos y pueden dar señales adecuadas para la toma de decisión, sin embargo hay que reiterar que las bondades del instrumento depende de la renta líquida obtenida en el año gravable, y a que se cumpla que la inversión no exceda el 20 % de la renta líquida. Hay que advertir que esta situación es fuertemente sensible a las condiciones de desarrollo económico del país.

*Aprovechar fuentes de financiación de carácter no reembolsable, y con orientación específica para demostrar las ventajas comparativas de las tecnologías de alta eficiencia energética.*

La falta de información y de instituciones que se especialicen en la promoción de los incentivos y en la estructuración de los proyectos, con orientación específica al sector de Pymes, ha impedido que estas aprovechen los incentivos y modalidades de financiación disponibles en Colciencias desde hace más de diez años, siendo hasta hoy la gran empresa los principales beneficiarios de los instrumentos disponibles. Una adecuada y estratégica estructuración de los proyectos, acompañada de alianzas con actores que realizan actividades de investigación y desarrollo tecnológico, permitiría a muy bajos costos para las Pymes la adaptación y transferencia de las tecnologías priorizadas. Las siguientes opciones que brinda el Sistema podrían ser aprovechadas:

- Pymes y el desarrollador de la tecnología o licenciataria, estructuren un proyecto de adaptación tecnológica, para solicitar su financiación en la modalidad de cofinanciación.

El objetivo de esta opción es: “Apoyar la realización de programas estratégicos o proyectos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico, que se realicen de manera conjunta entre una o más empresas, de una parte, y un centro de desarrollo tecnológico o un grupo de investigación de una universidad, de otra, a través de un subsidio que equivale a un porcentaje del valor total del proyecto” [37].

Esta modalidad establece, entre otros tipos de proyectos financiables, los siguientes: proyectos de I+D, modernización empresarial y fortalecimiento de las capacidades tecnológicas, proyectos de uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales. Los montos de financiación oscilan entre 600 a 1500 SMLMV, el subsidio es de 75% del costo de proyecto para microempresas y 65% para pequeñas empresas, pudiendo ser la contrapartida de la Pymes en especie Y/o dinero fresco.

*Estructurar los proyectos para facilitar el acceso a créditos de innovación a largo plazo (Colciencias-Bancoldex).*

Estructurar los proyectos no únicamente como transferencia o cambio de tecnologías, sino también introduciendo componentes innovativos en los procesos y/o adaptación de la tecnología, de tal forma que la financiación pueda ser realizada por el instrumento que tiene establecido Colciencias- Bancoldex, que son créditos de innovación de largo plazo. Esta modalidad establece, entre otros tipos de proyectos financiables, los siguientes: proyectos de I+D, modernización empresarial y fortalecimiento de las capacidades tecnológicas, proyectos de uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales.

En esta modalidad financia Colciencias hasta el 80 por ciento del valor total del proyecto, sin que este valor supere los diez mil SMLMV, se condona entre un 40-50% de la financiación, si para proyectos Pymes con innovación y tecnología que tengan claras posibilidades de exportación



y distribución en el mercado nacional, lo cual habrá de demostrarse y soportar ante el respectivo Consejo de Programa en el que se presenta el proyecto.

*Estructurar los proyectos para facilitar el acceso al financiamiento que ofrece Colciencias en la modalidad de proyecto como riesgo tecnológico compartido.*

Dependiendo de las particularidades de los procesos y de ser posible, estructurar el proyecto como riesgo tecnológico compartido, para aprovechar el instrumento de financiación que Colciencias tiene en esta modalidad, consistente en la financiación parcial con componentes reembolsables y no reembolsable, cuyos porcentajes se fijan de acuerdo con el grado de éxito del proyecto, siempre que exista una componente con alta incertidumbre y que sean ejecutados por Pymes.

En esta modalidad se financia hasta el 80% del costo del proyecto, sin superar hasta 200 SMLMV, aportando el beneficiario el 20 % en especie o dinero.

*Estructurar y presentar al convenio Colciencias-BID que promueve la implementación de proyectos pilotos en eficiencia energética para Pymes.*

Colciencias a través del convenio con el BID realizará una convocatoria para proyectos pilotos en pymes que permitan mostrar las ventajas comparativas y la relación costo beneficios de tecnologías desarrolladas en el país de alta eficiencia energética, en este contexto algunas de las tecnologías priorizadas pueden ser demostrada en la medida que se estructuren proyectos que satisfagan los requerimientos de esta convocatoria.

*Estructurar y presentar proyectos a las convocatorias anuales del Fondo de Regalía de Ciencia y Tecnología.*

El objetivo de este fondo es incrementar la capacidad científica, tecnológica, de innovación y competitividad de las regiones, mediante proyectos que contribuyan a la producción, uso, integración y apropiación del conocimiento en el aparato productivo. Teniendo en cuenta estos objetivos y conocidos los proyectos aprobados en la convocatoria 2012 relacionados con transferencia de tecnología a sectores productivos en algunas regiones, como también el orden de magnitud de los recursos financieros asignados, en muchos casos mayores al millón de dólares, es viable la estructuración y presentación en el 2013 o 2014 de un programa de transferencia de las tecnologías priorizadas en el sector metalmecánico con procesos de calentamiento de alta temperatura, teniendo como referencia los departamentos de Cundinamarca, Antioquia, Valle y Atlántico.

En la estructuración de este programa deben participar los comités de Competitividad, las secretarías departamentales de Productividad y centros y grupos de investigación con experiencia en la temática. Los componentes principales del programa pueden ser:

- Desarrollo de un parque industrial para aglutinar pymes con procesos de calentamiento de alta temperatura, en las capitales de los cuatro departamentos.
- Desarrollo de proyectos pilotos demostrativo de las tres tecnologías priorizadas. en las capitales de los cuatro departamento.
- Programa de formación técnica en tecnologías de combustión y calentamiento electromagnético.
- Desarrollo de proveedores nacionales de tecnologías de nueva generación en combustión y calentamiento electromagnético.

### **Medidas para resolver problemas de mercado.**

*Identificación de capacidades nacionales de fabricación y montaje metalmecánico.*

Fomenta la creación de capacidades de desarrollo e implementación de nuevas tecnologías acordes a las escalas de producción de las Pymes, como también garantizar servicios de posventas, que garanticen la continuidad operativa y disponibilidad de las tecnologías transferidas. Esta medida es posible concretarla si identifican los centros y grupos de investigación con conocimientos y capacidad demostrada en desarrollo tecnológicos en combustión y calentamiento electromagnético, como también firmas de ingeniería y empresas con infraestructura y capacidad para la fabricación de equipos térmicos. Un modelo de alianza entre estos actores y el aprovechamiento de los incentivos tributarios y económicos descritos anteriormente, viabiliza esta opción.

*Estructurar modelos de negocios centrados o basados en contratos de fabricación a partir de la demanda identificada.*

Facilitaría el desarrollo inicial y/o fortalecimiento de fabricantes nacionales de algunas de las tecnologías priorizadas, en consecuencia su comercialización y servicios de posventas a costos competitivos con respecto a equipos importados, en tanto se reducen los costos de producción, de stop y almacenamiento. En Colombia ya existe una muy buena infraestructura de fabricación de componentes que requieren la fabricación de las tecnologías priorizadas, la cual puede ser utilizada si se trabaja por contrato de fabricación y no en serie. El contrato de fabricación consiste en identificar una demanda de un equipo en una pyme, utilizar un proyecto demostrativo y/o de referencia si existe para convencer a la empresa de los beneficios de la tecnología, estructurar la financiación aprovechando los incentivos existentes, con lo anterior es posible concretar el contrato para la fabricación

**Medidas para resolver problemas de escala económica.**

*Estructuración de un parque industrial dónde se instalen PYMES con procesos de combustión y calentamiento en los sectores metalmecánico, ubicados en Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla.*

La experiencia internacional reciente señala que una forma óptima, económica y ambientalmente sostenible, para la creación de nuevas pequeñas empresas es su establecimiento en parques industriales dónde compartan equipos de combustión y calentamiento con especificaciones técnicas adecuadas para capturar ventajas comparativas de escala, servicios auxiliares, se generan complementariedades tecnológicas y sinergias, se optimice el uso de materia prima y de recurso energéticos y se compartan servicios de laboratorios de pruebas y ensayos. Por su naturaleza, características tecnológicas y potencialidades de complementariedad, las empresas de fundición, deformación plástica, tratamientos térmicos, fabricación de vidrio, galvanoplastia y forjado, son de las más indicadas para su establecimiento en clúster ubicados en parques industriales.

Conviene advertir, que un estudio contratado por el Sena en el año 2007, señala que dentro de los nuevos quinientos productos que Colombia podría exportar al mercado Norteamericano en el contexto del TLC, se encuentran varios productos metalmecánico cuya producción es intensiva en el consumo de energía térmica, situación que puede servir de sustentación para sensibilizar a los organismos regionales y nacionales de productividad y fomento industrial, para que estimulen la creación de parques industriales y preferiblemente ubicados en zonas francas.

La financiación de estos parques industriales se puede financiar a través del Fondo de Regalía de Ciencia y Tecnología como proyectos de desarrollo regional.

La financiación de estos parques industriales se puede financiar a través del Fondo de Regalía de Ciencia y Tecnología como proyectos de desarrollo regional, tal como se analizó anteriormente.

### **Medidas regulatorias.**

*Concertar con la Comisión de Regulación de Electricidad y Gas, así mismo con los distribuidores y comercializadores de energéticos, modificaciones regulatorias para estimular el incremento de la eficiencia energética en Pymes.*

Una de las bondades del incremento de la eficiencia energética son los ahorros que se tienen en energía, por lo que es importante que a quienes estén interesados en la implementación de estas no se les penalice con el incremento en el precio del energético, lo que ocurre en la estructura tarifaria vigente en Colombia para el mercado regulado, siendo el sector Pymes muy sensible a esta situación. Concretar esta medida no es fácil debido a que la regulación en Colombia tiene como objetivo fundamental estimular la competencia entre agentes y dar señales a través de fórmulas tarifarias que remuneren adecuadamente a los inversionistas con el propósito de asegurar el desarrollo de la infraestructura para la producción, transporte y distribución de energéticos.

Una propuesta para estructurar un sistema regulatorio especial para el caso que nos ocupa, debe tener en cuenta la reducción de tarifa asociada a la disminución de gases de efecto invernadero, cuando los agentes sustituyan tecnologías de conversión energética de menor eficiencia por tecnologías de alta eficiencia.

### **Medidas para estimular proyectos piloto demostrativos.**

*Desarrollo de proyectos pilotos a partir de tecnologías disponibles comercialmente en el país y con servicios de posventa garantizados y adecuados.*

El planteamiento de esta medida parte del interés que los proveedores de tecnologías de combustión y calentamiento electromagnético, puedan tener para instalar proyectos demostrativos en Pymes que demuestren tener cultura tecnológica, sensibilidad por temas ambientales y sensibilidad por el cambio tecnológico. Los canales para desarrollar estos programas son los clúster regionales, los consejos de competitividad regional, los distribuidores de energéticos (gas natural y electricidad) y empresas de servicios energéticos.

Los resultados que se obtienen en un proyecto piloto no solo son importantes para vencer el escepticismo de los empresarios y acelerar la transferencia de tecnologías en los sectores de pymes, sino también para las entidades financieras que pueden comprobar que los ahorros de combustible que caracterizan la tecnología si se alcanzan, y en consecuencia los beneficios económicos, también para las instituciones formuladoras de políticas públicas e instrumentos que incentivan programas de eficiencia energética. Conviene aclarar que si los proyectos piloto que resulten exitosos no se articulan a una estrategia de disseminación y comercialización de las tecnologías priorizadas, una vez termine el período de demostraciones, puede verse comprometida la transferencia de la tecnología.

Es conveniente precisar que un proyecto piloto requiere de identificar una empresa que esté convencida de las bondades de la tecnología, de establecer los recursos financieros para la adquisición del prototipo, de conseguir los recursos financieros para el montaje y realización de las pruebas, establecer el programa divulgativo in “situ”, esto es asistencia de empresarios en las pruebas y en los análisis de las variables a verificar, también un programa de divulgación apoyado en información técnica de fácil presentación y pedagógicamente

elaborada: folletos, videos (con presentación de ensayos y testimonio de los empresarios asistentes). Para las tecnologías priorizadas se proponen dos pilotos por cada tecnología en Bogotá, para Medellín, Cali y Barranquilla uno por cada tecnología

Las medidas descritas anteriormente combinan componentes de desarrollo industrial, competitividad, desarrollo tecnológico y transferencia tecnológica, por lo que pueden ser sustentadas para su financiación a los instrumentos disponibles hoy en el país para tal efecto: Fondo de Regalías para Ciencia y Tecnología, Colciencias modalidad cofinanciación, riesgo tecnológico y deducciones tributaria sobre renta .Es decir, la utilización de estos instrumentos de financiación reduciría considerablemente los costos de inversión inicial, con lo cual se vence barreras económicas y financieras.

*Estructurar un programa para identificar, visualizar y evaluar técnica y económicamente proyectos de referencia existentes en el país, que ya usen las tecnologías priorizadas.*

La identificación de proyectos en funcionamiento y en los que se puedan comprobar objetivamente la ventajas comparativas en eficiencia energética, productividad y reducción de gases de efecto invernadero, permitiría examinar cuales han sido las causas de su débil divulgación e implementación, así, mismo pueden ser utilizados como proyectos demostrativos. Hay indicios de que esta situación sea la del horno de inducción en Colombia. Metalnodul, localizada en Bogotá, la cual se dedica a la fabricación de piezas fundidas de materiales ferrosos e hizo el cambio tecnológico hace 4 años.

### **Medidas para la divulgación de información técnica y recurso humano en cambio climático y eficiencia energética.**

*Estructuración de un programa de formación técnica.*

Se requiere incorporar en la formación académica de los profesionales en ingeniería las áreas de cambio climático y eficiencia energética, sobre este último tema es de particular importancia la formación en combustión y calentamiento dadas las grandes deficiencias existentes en el país. Se recomienda que instituciones como el SENA estructuren programas de formación y capacitación en tecnologías de combustión y calentamiento de alta eficiencia, de tal forma que se pueda disponer de recurso humano de nivel técnico para la operación, mantenimiento y servicios de postventa de estas tecnologías. Lo anterior surge por la necesidad de:

- Disponer de recurso humano nivel técnico para garantizar la operación correcta, ajuste requerido y mantenimiento oportuno de las tecnologías transferidas.
- Disponer de la información adecuada en temas de sistemas de calentamiento, combustión, eficiencia energética y producción más limpia.

El programa será estructurado con los siguientes alcances:

- Seminarios a través del Sena con la cooperación técnica de grupos de investigación, dirigidos a empresarios.
- Programa de formación técnica en eficiencia energética, procesos de combustión y calentamiento y procesos de generación electromagnética de calor.

*Estructuración de un programa de divulgación y alfabetización tecnológica.*

Los vacíos de información técnica de calidad, presentada de manera didáctica, como también la ausencia de divulgación experiencias exitosas nacionales e internacionales, dificultan la transferencia tecnológica. Los empresarios no perciben las nuevas tendencias, los

formuladores de políticas públicas no las referencian y las entidades financieras las desconocen.

Este programa debe estar orientado en temas de eficiencia energética y en la importancia de los sistemas de combustión en la economía y la sociedad. Será dirigido a empresarios de Pymes, organismos formuladores de políticas públicas y entidades financieras.

### **Medidas de sensibilización a entidades gubernamentales y de cooperación internacional.**

*Coordinar las políticas públicas que estimulan la reducción de gases de efecto invernadero con los programas de cooperación internacional existentes.*

Debido a que en el país comienzan a desarrollarse políticas públicas que pueden estimular la reducción de gases de efecto invernadero, así mismo la creciente cooperación internacional que en este tema se viene dando y que el país ha sido receptor de algunos programas se hace necesario la coordinación entre estas dos tendencias, para lograr un mayor efecto multiplicador de estos, evitar la dispersión de recursos y repetición de iniciativas.

Estas políticas deben ser coordinadas tanto a nivel nacional como regional, y hacen referencia a temas de eficiencia energética, desarrollo nacional bajo carbono y producción limpia.

### **Medidas para superar barreras culturales en I+D.**

*Fortalecer e incentivar capacidades nacionales existentes en investigación e innovación.*

Estas capacidades están orientadas a temas de eficiencia energética, desarrollo bajo carbono, procesos de combustión y calentamiento y generación electromagnética de calor. Es necesario disponer de capacidades científicas y tecnológicas en el país, para poder garantizar desarrollo de las nuevas tecnología y adaptación a los requerimientos específicos de la Pymes del sector metalmeccánico y otros sectores con procesos de calentamiento alta temperatura. Con ello se lograría reducir los costos de inversión y garantizar confiabilidad y disponibilidad en la operación de las tecnologías.

También se garantizaría seguir el cambio tecnológico mundial en estos temas, para evitar nuevo rezago tecnológico de las Pymes.

*Estructurar un programa de concertación con empresas anclas.*

Las empresas anclas son un buen canal de transferencia, porque están interesadas que sus proveedores reduzcan costo de producción, mejoren productividad y calidad de productos, como también en un contexto de sus política de responsabilidad social empresarial se reduzcan emisiones y se garanticen condiciones óptima de salud ocupacional. Requerimientos que se logran con la transferencia de las tecnologías priorizadas.

Las empresas ensambladoras de vehículos, las trasportadoras y distribuidoras de energía eléctrica y las del sector petroquímico, tienen un alta demanda de componentes y accesorios, que requieren para su fabricación procesos de calentamiento a alta temperatura, por lo que la concertación con estas, para aprovechar sus programa de desarrollo de proveedores puede ser un canal adecuado para la transferencia de las tecnologías priorizadas.

### **Medidas para la superación de barreras técnicas.**

*Garantizar suministros confiables de energéticos a Pymes con dificultades de acceso.*

Existen algunas empresas en el sector metalmeccánico de Pymes, que utilizan combustibles no convencionales de mala calidad (aceite quemado, madera, llanitas y otros), los cuales no son

compatibles con las tecnologías de combustión priorizadas. Un cambio tecnológico trae consigo (dependiendo del estado actual de la tecnología) el cambio del energético, y para las Pymes que no cuentan con acceso a este el proceso de transferencia tecnológica no se puede llevar a cabo. Al garantizar un acceso confiable al energético requerido por la nueva tecnología, esta barrera sería superada.

Como puede observarse, las medidas identificadas y las combinaciones que se pueden establecer entre estas, tienen un gran potencial para contribuir a superar las principales barreras analizadas, constituyéndose en el soporte principal para la estructuración del plan acción en el sector metalmecánico con procesos de alta temperatura y del programa de transferencia de las tecnologías priorizadas. En consecuencia el programa de transferencia de las tecnologías priorizadas, el cual debe contribuir con la diseminación de estas, pero también a la sostenibilidad de mediano y largo plazo de su aplicación y beneficios esperados, se identifican como principales componentes a considerar los siguientes:

*Proyectos de transferencia de tecnología.*

- Transferencia de horno de crisol autoregenerativo a Pymes con procesos de fusión de metales no ferrosos: aluminio, oro, cobre, bronce, latón, zamac y magnesio.
- Transferencia de hornos de inducción y/o horno de crisol autoregenerativo a Pymes con procesos de fusión de materiales ferrosos: acero, fundición gris, fundición nodular.
- Transferencia de quemadores autorecuperativos y autoregenerativos a Pymes con procesos de tratamientos térmicos, forja y galvanizado en caliente.

*Proyecto de implementación de parques industriales en las cuatro grandes centros urbanos del país.*

Se trata de diseñar y construir cuatro parques industriales en los que se integren los procesos de fusión de materiales no ferrosos, fusión de ferrosos, tratamientos térmicos, forjado, galvanizado en caliente, servicios auxiliares y laboratorios de control de calidad, con lo cual se pretende la instalación en el parque de las Pymes que por su nivel de producción, no pueden acceder individualmente a las tecnologías a transferir en su especificación técnica mínima, como tampoco a servicios complementarios como laboratorios de inspección y control de calidad.

Las Pymes que por el tamaño de su escala de producción y factor de utilización de las tecnologías, no tienen problemas de absorción de la tecnología, accederán de manera directa e individual a la respectiva transferencia y utilización.

*Proyecto de formación de tecnólogos especializados en procesos de combustión y calentamiento electromagnético.*

Se trata que en cooperación de grupos de investigación y el SENA se estructure y desarrolle en las seccionales del SENA, situadas en los cuatro grandes centros urbanos, un programa de tecnologías especializadas en procesos de combustión y calentamiento electromagnético. El objetivo es disponer de recurso humano de alta calificación para dar soporte a las actividades de operación, ajuste, mantenimiento y servicios de postventa de la tecnología, para garantizar la obtención de resultados en el corto plazo, la disponibilidad y confiabilidad en la operación de las tecnologías, la viabilidad técnica y económica del proyecto en largo plazo.

*Proyecto para el fortalecimiento de capacidades nacionales de fabricación, adaptación y comercialización de tecnologías eficientes de combustión y calentamiento.*

Se trata de estructurar modelos de negocio para fortalecer a los proveedores nacionales de tecnología, tal que superen barreras financieras y limitaciones técnicas con infraestructura necesaria para la fabricación y/o comercialización de las tecnologías.

*Proyecto para la estructuración de mecanismos para aprovechar incentivos financieros existentes.*

Este proyecto busca reducir los costos de inversión de las tecnologías, como también facilitar la financiación para la adquisición de las tecnologías acorde a la capacidad financiera de las Pymes. Además de esto se busca desarrollar una base de datos o una aplicación de computador que compile los programas de financiación nacionales e internacionales aplicables al sector metalmecánico. Para el uso del aplicativo, la empresa aspirante ingresa los datos básicos y el tipo de renovación que pretende implementar, y la aplicación arroja el listado de entidades y programas más factibles para realizar una solicitud; mostrando las características y requisitos exigidos. De esta manera, se concentra en un solo punto (facilitando) toda la oferta disponible de entidades de cooperación, programas de financiación, requisitos y condiciones exigidas.

**Tabla 32 Enfoque CDIO para las medidas identificadas en el sector metalmecánico.**

MEDIDAS IDENTIFICADAS PARA EL SECTOR METALMECÁNICO	FASE
<b>Medidas económicas y financieras.</b>	
Exención del IVA: Incentivos establecidos en la Resolución 0186 de 2012 del MADS.	C D I O
Aprovechar fuentes de financiación de carácter no reembolsable, y con orientación específica para demostrar las ventajas comparativas de las tecnologías de alta eficiencia energética.	C D I O
Estructurar los proyectos para facilitar el acceso a créditos de innovación a largo plazo (Colciencias-Bancoldex)	C D I O
Estructurar los proyectos para facilitar el acceso al financiamiento que ofrece Colciencias en la modalidad de proyecto como riesgo tecnológico compartido	C D I O
Estructurar y presentar al convenio Colciencias-BID que promueve la implementación de proyectos pilotos en eficiencia energética para Pymes.	C D I O
Estructurar y presentar proyectos a las convocatorias anuales del Fondo de Regalía de Ciencia y Tecnología.	C D I O
Implementar Mecanismos de financiación en la modalidad denominada financiación por terceros.	C D I O
<b>Medidas para resolver problemas de mercado.</b>	
Identificación de capacidades nacionales de fabricación y montaje metalmecánico.	C D I O
Estructurar modelos de negocios centrados o basados en contratos de fabricación a partir de la demanda identificada.	C D I O
<b>Medidas para resolver problemas de escala económica.</b>	
Estructuración de un parque industrial dónde se instalen PYMES	C D I O
<b>Medidas regulatorias</b>	
Concertar con la Comisión de Regulación de Electricidad y Gas, así mismo con los distribuidores y comercializadores de energéticos, modificaciones regulatorias para estimular el incremento de la eficiencia energética en Pymes.	C D I O
<b>Medidas para estimular proyectos piloto demostrativos.</b>	
Desarrollo de proyectos pilotos a partir de tecnologías disponibles comercialmente en el país y con servicios de posventa garantizados y adecuados.	C D I O
Estructurar un programa para identificar, visualizar y evaluar técnica y económicamente proyectos de referencia existentes en el país, que ya usen las tecnologías priorizadas.	C D I O
<b>Medidas para la divulgación de información técnica y recurso humano en cambio climático y eficiencia</b>	

<b>energética.</b>				
Estructuración de un programa de formación técnica.	C	D	I	O
Estructuración de un programa de divulgación y alfabetización tecnológica.	C	D	I	O
<b>Medidas de sensibilización a entidades gubernamentales y de cooperación internacional.</b>				
Coordinar las políticas públicas que estimulan la reducción de gases de efecto invernadero con los programas de cooperación internacional existentes.	C	D	I	O
<b>Medidas para superar barreras culturales en I+D</b>				
Fortalecer e incentivar capacidades nacionales existentes en investigación e innovación.	C	D	I	O
Estructurar un programa de concertación con empresas anclas.	C	D	I	O
<b>Medidas para la superación de barreras técnicas</b>				
Garantizar suministros confiables de energéticos a Pymes con dificultades de acceso.	C	D	I	O

### 7.3 Articulación de las barreras identificadas: Árbol problema.

Siguiendo la metodología descrita en el capítulo 1, se procede a desarrollar la articulación de las barreras definidas en el numeral 2.3 y con esta construir el árbol de problemas.

Con el árbol de problemas se busca identificar relaciones de causalidad entre las barreras, en donde se define un problema, para este caso la transferencia de tecnologías en el sector metalmeccánico, y se buscan las causas que lo originan y los efectos del mismo. En la Figura 17 se muestra el árbol para el sector metalmeccánico, donde en la parte superior se describe el problema, y de derecha a izquierda se describen las causalidades de este con sus respectivos efectos.



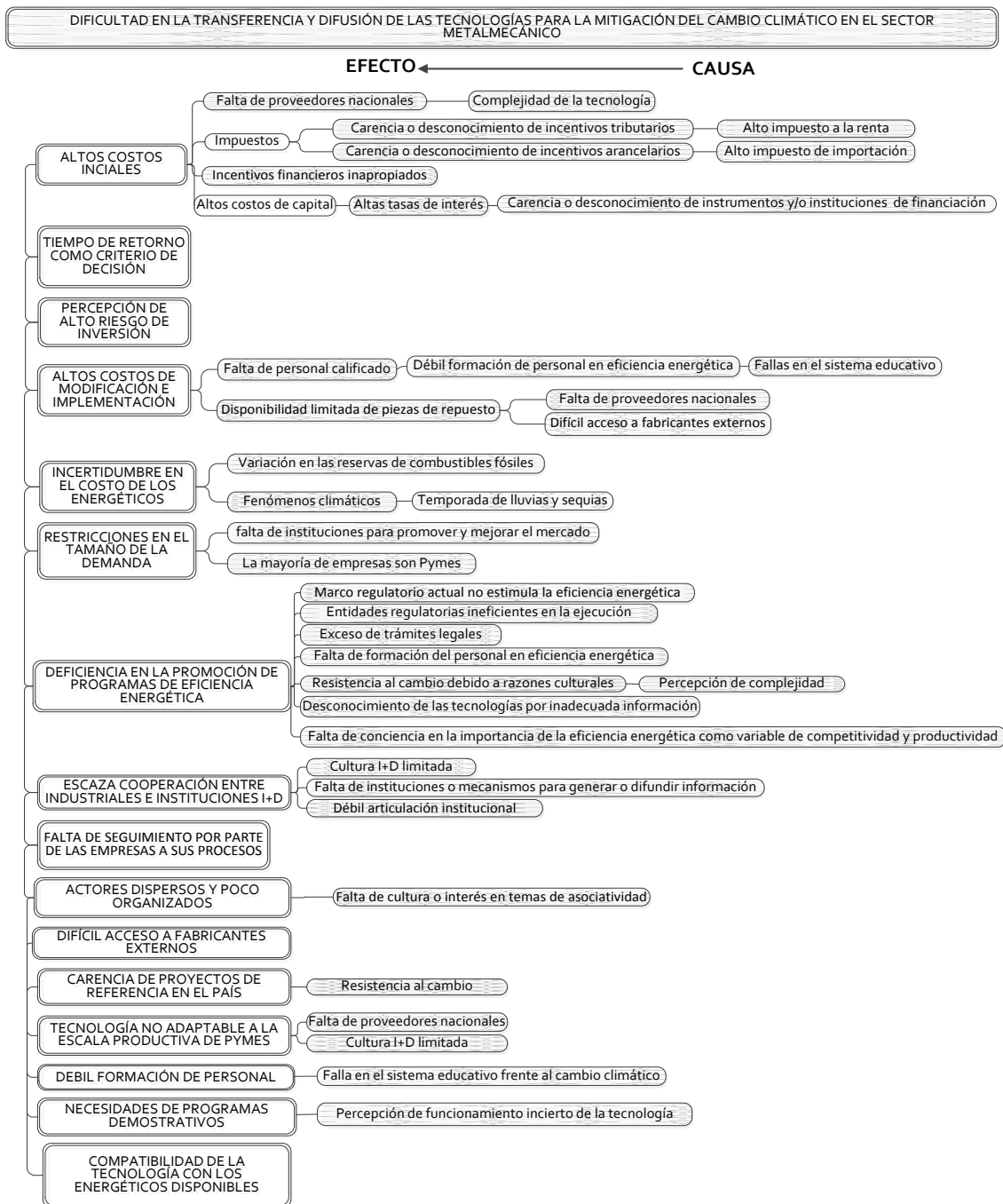


Figura 17 Árbol problema sector metalmeccánico

## 7.4 Análisis Jerárquico.

Siguiendo la metodología descrita en el Capítulo 1 (numeral f), se procedió a realizar el análisis de jerárquico, donde se clasificaron las barreras en las jerarquías correspondientes para cada una de las tecnologías del sector metalmeccánico, partiendo del análisis realizado en los numerales anteriores del presente capítulo. Con la identificación de las principales

barreras que impiden la transferencia y adaptación tecnológica, se asoció a cada una de estas las medidas correspondientes, identificando así las medidas más relevantes que deben ser implementadas (Ver Tabla 33).

**Tabla 33 Principales barreras y medidas identificadas en el sector metalmeccánico.**

	Barrera	Medida
<b>CRUCIAL</b>	Incertidumbre en las tarifas de los energéticos.	Concertar con la Comisión de Regulación de Electricidad y Gas, así mismo con los distribuidores y comercializadores de energéticos, modificaciones regulatorias para estimular el incremento de la eficiencia energética en Pymes.
	Necesidad de programas demostrativos.	Desarrollo de proyectos pilotos a partir de tecnologías disponibles comercialmente en el país y con servicios de posventa garantizados y adecuados.
	Ausencia de planes y programas para la promoción de la eficiencia energética.	Coordinar las políticas públicas tanto del orden nacional y regional, que estimulan la eficiencia energética, desarrollo nacional bajo en carbono y producción limpia, con los programa de cooperación internacional existentes sobre estos temas.
	Uso del tiempo de retorno de inversión como criterio económico decisión <sup>a</sup> .	Medidas que estimulen los beneficios económicos y sociales como criterio de decisión, no solo lo financieros.
<b>IMPORTANTE</b>	Tecnologías no adaptables a la escala productiva de las Pymes.	Estructuración de un parque industrial dónde se instalen Pymes con procesos de combustión y calentamiento en los sectores metalmeccánico e industrial.
	Actores dispersos y poco organizados.	
	Restricciones en el tamaño de la demanda.	Estructurar modelos de negocios centrados o basados en contratos de fabricación a partir de la demanda identificada.
	Altos costos iniciales.	Estructurar los proyectos para facilitar el acceso al financiamiento que ofrece COLCIENCIAS en la modalidad de proyecto como riesgo tecnológico compartido. Aprovechar la convocatoria de COLCIENCIAS-BID para proyectos demostrativos de tecnologías de alta eficiencia energética en Pymes, para promover las tecnologías priorizadas. Exención del IVA: Incentivos establecidos en la Resolución 0186 de 2012 del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.
	Débil formación de personal en el manejo de nuevas tecnologías y temas de eficiencia energética, producción limpia y efecto invernadero.	Programa de formación técnica en tecnologías de combustión y calentamiento de alta eficiencia, de tal forma que se pueda disponer de recurso humano de nivel técnico para la operación, mantenimiento y servicios de postventa de estas tecnologías.

<sup>a</sup>Esta barrera es particular para el horno de inducción.

## **CAPITULO 8 IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE BARRERAS Y MEDIDAS PARA EL SUBSECTOR LADRILLERO.**

Como resultado de las visitas realizadas por el equipo TNA a las ladrilleras en los departamentos de Cundinamarca y Antioquia (ver Anexo 6), del diagnóstico energético y tecnológico en el sector Cerámico-Ladrillero en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Norte de Santander, por el Convenio MADS-CAEM de 2012 [31], del proceso de consulta de información secundaria sobre el sector y de la realización del taller de análisis de barreras y medidas en la Ciudad de Bogotá el día 11 de diciembre de 2012. Se realiza el siguiente análisis y barreras y medidas encontradas para el sector ladrillero en Colombia:

La principal barrera para realizar un proyecto de transferencia tecnológica que pretenda mejorar la eficiencia energética y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, es la barrera cultural de resistencia al cambio. Los pequeños productores de ladrillo, e incluso los medianos, han realizado las mismas actividades y utilizado los mismos equipos por decenios sin cambios significativos. Por lo que no están dispuestos a cambiar su manera de trabajar y explotar el mineral.

Si bien la vocación de producción en la región de Norte de Santander es principalmente fabricar objetos de valor artístico y productos no estandarizados en geometría y peso, las tecnologías empleadas y el proceso de conformación y cocción de la arcilla son similares a las otras regiones estudiadas. Emplean en su mayoría hornos tipo Colmena pero sin control adecuado de temperatura y dosificación de combustible [31]. Por lo que esta región presenta las mismas barreras y oportunidades para la transferencia de tecnologías eficientes de cocción. En general, todas las regiones productoras de ladrillo del país presentan las mismas barreras técnicas, económicas y culturales. Por lo que las medidas planteadas y el plan de acción diseñado son válidos para todas las regiones del país.

No hay conciencia de los pequeños productores de ladrillo de comprar tecnología para la cocción del ladrillo. Ellos mismos, de acuerdo a su experiencia y conocimientos, desarrollan, instalan y operan de manera empírica los hornos con materiales e insumos que tengan a la mano y las adaptan a su escala de producción. No se evidencia que estén dispuestos a pagar por diseños, consultorías o tecnologías de hornos de cocción eficientes. Suelen decir entre ellos que “para que comprar si se puede armar por nosotros mismos”. Sin embargo, la visión que tienen los empresarios de las ladrilleras medianas y grandes es la de aumentar producción y de estar dispuestos en invertir en tecnología de calentamiento y control de emisiones de material particulado.

La copia literal de las tecnologías no garantiza que ésta funcione adecuadamente en cualquier región del país, porque la operación de los hornos de cocción varía según la región, composición y tamaño de los granos de arcilla que se empleen. Por tal motivo, primero se debe realizar una caracterización del tipo de arcilla y una estandarización del proceso de mezcla y agregado de aditivos. En el sector ladrillero es difícil “casarse” con una tecnología específica y tratar de validarla en todas las regiones del país. Lo que se debe promover son modelos y planes de acción integrales de operación y utilización de recursos tecnológicos, aplicados a cada caso específico.

La tendencia de las empresas medianas es convertir los hornos de cocción a hornos tipo túnel y operar en continuo. Pero hay desconocimiento en el manejo de esta tecnología; específicamente en la relación que hay entre la composición de la arcilla y los perfiles de temperatura que se deben lograr el horno. Teniendo como consecuencia altos porcentajes de pérdidas y variaciones en la calidad del producto. Para un correcto funcionamiento en los hornos de cocción, es importante tener caracterizado el material mineral que entra a él y controlar la proporción o cantidad de cada uno de los materiales que componen la mezcla (control y caracterización de la receta).

Del diagnóstico energético y tecnológico en el sector Cerámico-Ladrillero en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Norte de Santander, en 2012. Se resalta entre otros que: “El principal foco de ineficiencia de los hornos de cocción se encuentra en el proceso de combustión, y es importante hacer una optimización en el uso de la energía mediante la recuperación de calor de los gases de combustión para el precalentamiento del aire primario, y la regulación de la relación aire/combustible utilizando tecnologías de dosificación de carbón. Sin embargo, la dificultad radica en la falta de voluntad por parte de los propietarios a realizar estas modificaciones y en la informalidad del sector.

Los productores de ladrillo, no acceden a los incentivos financieros actuales porque los requisitos y condiciones que exigen son demasiados o muy complejos para ser cumplidos por un pequeño empresario. Tales como historial crediticio, formalización de empresa, garantías de la deuda.

Los modelos asociativos no han funcionado por experiencias previas en el sector ladrillero, porque están acostumbrados a manejar el dinero por ellos mismos y no están dispuestos a trabajar en grupo dadas las diferencias que tienen en cuanto al proceso de producción y la competencia del mercado. Una manera efectiva para convocar a los pequeños productores, ha sido yendo puerta a puerta y explicándoles a cada uno el alcance de la convocatoria, proyecto o programa. Es una limitante adicional que gran parte de los productores –especialmente los pequeños-, no manejan actualmente tecnologías de la información y la comunicación para desarrollar sus procesos productivos.

Está la percepción de que si se formaliza la empresa, esta se vuelve visible, y si es visible, las autoridades los van a contactar y a regular en el aspecto ambiental y tributario, y los pueden penalizar. Suelen decir que “Si no me ven, no me juzgan” y se presenta fenómeno de evasión de impuestos y contaminación ambiental. No estar formalizado es: no tener título minero, permiso de emisiones, registro ante cámara de comercio. Pero los productores creen que con solo tener el título minero es suficiente.

## **8.1 Identificación de barreras y clasificación CDIO.**

A partir de la metodología expuesta en el capítulo 1, para el sector ladrillero se abordan las principales barreras partiendo de la problemática en el contexto Colombiano, descrita anteriormente, así como su clasificación de acuerdo a las dos metodologías seguidas, donde primero se clasifican las barreras a partir de lo sugerido en el numeral c del Capítulo 1, y el enfoque CDIO (Ver Tabla 34). A continuación se listan las barreras identificadas en el subsector ladrillero:

### **Barreras económicas y financieras.**

*Altos costos de modificación e implementación de la tecnología.*

La transferencia de tecnologías eficientes de cocción de ladrillo implica la realización de obras civiles y de estructuras de envergadura considerable. Por ejemplo, para la construcción de un horno tipo colmena o baúl, que corresponden a un sistema de producción por lotes de capacidad nominal de 40.5 toneladas por mes, los costos de fabricación de la estructura, el sistema de dosificación y control de combustible son de \$524'000.000 COP para un horno tipo colmena y de \$ 453'000.000 COP para un horno tipo baúl [38]. Sin tener en cuenta el costo de la financiación, el costo del terreno ni gastos administrativos por la ejecución del proyecto. Para hornos de mayor capacidad de producción (producción continua), como los hornos tipo túnel, de cámaras y tipo Hoffman con una tasa de producción de 2160 toneladas mes. El costo de fabricación sobrepasa los mil millones de pesos [38].

Adicional a los costos de fabricación, se debe contratar la asesoría externa sobre el manejo de los hornos, caracterización y mezclado correcto de la arcilla, capacitar al personal en la operación de tecnología y contratar el servicio de medición y monitoreo de emisión de gases contaminantes. En la Tabla 30, se muestra la estimación de los costos de transferencia de cada una de las tecnologías priorizadas, así como posibles rubros adicionales que se deben considerar para cada una.

Por lo anterior, los altos costos de implementación de la tecnología constituyen una barrera para su transferencia, siendo necesario, en la mayoría de los casos, buscar alternativas de financiación en la banca comercial, financiación por terceras personas, o buscar programas de cooperación.

*Costos de capital y alternativas de financiación.*

Dados los costos de implementación de las tecnologías, es necesario recurrir a los mecanismos de financiación que hay disponibles en el medio. Siendo generalmente la banca privada la única alternativa que tienen los pequeños y medianos productores para el financiamiento del proyecto de reconversión. Sin embargo, la banca privada no cuenta con líneas de crédito diseñadas para el financiamiento de proyectos de reconversión tecnológica en pequeñas y medianas empresas, por lo que el financiamiento se realiza por la modalidad de créditos de consumo, tarjetas de crédito y por microcrédito. Las tasas de interés que se aplican a este tipo de financiación para el primer trimestre del año 2013 es del 20.75% efectivo anual y la tasa de usura se fija en 31.13%, según la certificación del interés bancario corriente para la modalidad de crédito de consumo y ordinario emitida por la Superintendencia Financiera de Colombia [39]. Además, estos créditos requieren del cumplimiento de una gran cantidad que requisitos y condiciones que los productores por su tamaño no pueden cumplir a priori, por lo que están excluidos de dichos beneficios, y muchas unidades productivas no están legalmente constituidas. De modo que los costos financieros, bajo la modalidad de crédito común, representan una porción importante en los costos del proyecto de renovación, pudiendo hacer inviable financieramente el proyecto, y por ende una barrera.

Una alternativa a las líneas de crédito convencionales (banca comercial), son las líneas de financiamiento para proyecto de eficiencia energética y energías limpias que ofrecen los bancos de segundo piso, como Bancóldex, Findeter, Innpulsa y por medio de otras alternativas como el fondo FAZNI, Colciencias y entidades de Cooperación Internacional [40]. Sin embargo, entre los pequeños y medianos productores de ladrillo, hay carencia o desconocimiento de cuáles son estas instituciones y que instrumentos de financiación ofrecen. No conocen cómo operan, cuáles son los requisitos que exigen ni cuáles son los beneficios potenciales. Una

explicación a este desconocimiento, es por la estructura organizativa que presenta el sector ladrillero; presentan fallas en el acceso e interpretación de la información, hay un alto grado de dispersión de las unidades productivas, les es difícil enterarse de la oferta de programas de financiación. Otra de las falencias que presenta el sector, y que es debido a los mismos problemas de desinformación, es el desconocimiento de incentivos arancelarios y tributarios que hay disponibles para el desarrollo e implementación de tecnologías eficientes.

*Uso del tiempo de retorno de inversión como criterio económico decisión, hay miedo a asumir riesgos.*

Las empresas a la hora de invertir toman el valor de la TIR como criterio para determinar si la ganancia obtenida de un proyecto es alta o baja comparada respecto a una referencia durante un periodo de tiempo dado. Por lo que muchos proyectos pueden ser descartados y no tenerse en cuenta los beneficios sociales, ambientales y de calidad que puedan presentar. Para los proyectos que no presentan una TIR “atractiva” se deben buscar mecanismos de subsidio o de financiación menos costosa.

### **Fallas en el mercado.**

*Restricciones en el tamaño de demanda.*

La industria de la construcción en los últimos años ha venido renovando los materiales y las técnicas de construcción, buscando reducir costos y tiempos de obra. Entre los nuevos materiales están el Drywall® y el vaciado en concreto de paredes para la construcción de viviendas de interés social y prioritario. Dicha renovación de técnicas y materiales suponen un cambio en la demanda de ladrillos de arcilla y productos relacionados. Ante los cambios en el mercado, son las grandes ladrilleras las mejor preparadas para adaptarse al cambio, puesto que son las que concentran la mayoría de la producción nacional, al punto que el 76% de la producción de ladrillo proviene del 8% de las empresas del sector. En consecuencia, el precio de venta del ladrillo está sujeto a lo que determinen los grandes productores; que por su capacidad financiera y técnica pueden tener costos de producción menores. Quedando los pequeños y medianos productores a merced de lo que puedan comercializar en el mercado de construcción informal o vivienda popular. Por tal motivo las variaciones del tamaño de la demanda son una barrera para la transferencia de las tecnologías, porque ponen en riesgo la sostenibilidad del modelo de negocio de los pequeños y medianos productores.

*Fortalecimiento del mercado de eficiencia energética en el país.*

En Colombia no se ha desarrollado un mercado de eficiencia energética que estimule la adopción de tecnologías de alta eficiencia, aunque se han hecho esfuerzos para promoverlo como la ley URE y las propuestas de mecanismos financieros que desarrolla la UPME, como la cesión de uso de equipos, la compra venta con pago aplazado, financiación compartida y por medio de las ESCOS. Sin embargo, estos mecanismos no están todavía masificados ni reglamentados. Es una barrera porque limita las opciones de financiación y ejecución de proyectos de reconversión tecnológica.

*Carencia de programas demostrativos que venzan el escepticismo tecnológico y cultural.*

Entre los pequeños y medianos productores de ladrillo, no hay conciencia de comprar tecnología moderna y eficiente para la cocción del ladrillo. Ellos mismos, de acuerdo a su experiencia y conocimientos, desarrollan, instalan y operan de manera empírica los hornos con materiales e insumos que tengan a la mano y las adaptan a su escala de producción. No es clara la intensión por parte de ellos de pagar por diseños, consultorías o por tecnologías de

hornos de cocción eficientes. Ante ello suelen decir que “para que comprar si se puede armar por nosotros mismos”.

Otro aspecto es que la copia literal de las tecnologías no garantiza que éstas funcionen adecuadamente en cualquier región del país, porque la operación de los hornos de cocción varía según la región, composición y tamaño de los granos de arcilla que se empleen. Por lo que es necesario primero realizar una caracterización de los tipos de arcilla y una estandarización del proceso de mezclado y agregado de aditivos.

La manera de cambiar el preconceito cultural de resistencia al cambio que tienen los productores de ladrillo respecto a la utilización de tecnologías eficientes, a la implementación de sistemas de gestión de la energía y a buenas prácticas de explotación, es mediante la demostración de ejemplos de proyectos exitosos y demostración de la operación de las nuevas tecnologías. La carencia o no conocimiento de proyectos referentes de aumento de eficiencia energética, genera en los productores desconfianza hacia este tipo de tecnologías puesto que asumen que si no se ha hecho, es porque no funciona.

En el sector no hay entidades de cooperación ni proveedores de tecnología que promuevan y faciliten las demostraciones de las tecnologías, salvo lo que ha realizado la Cámara de Comercio de Bogotá; por medio de su filial la Corporación Ambiental Empresarial (CAEM), ha procurado que el sector ladrillero desarrolle prácticas empresariales que aumenten la competitividad del sector, al mismo tiempo que mejoran las condiciones sociales y ambientales [41]. El CAEM ha llevado a cabo el programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales - EELA -. Programa que ha permitido conocer el estado actual del sector en la región más importante en cuanto a producción de ladrillo en Colombia, la región Central.

Por los anteriores motivos, la carencia de programas demostrativos que venzan el escepticismo tecnológico y cultural es una barrea que impide la transferencia adecuada de las tecnologías.

### **Capacidad institucional y organizativa.**

*La mayoría de las empresas son Pymes con débil grado de integración y capacidad de innovación.*

Los pequeños productores de ladrillo son dependientes del precio que interpongan las grandes ladrilleras, y tienen una capacidad financiera y técnica limitada para ejecutar proyecto de renovación tecnológica. Por lo que la capacidad de negociación, a un buen precio y buena calidad del producto que producen, es limitada. Lo que los convierte en actores vulnerables con alto riesgo de desaparecer del mercado.

Los pequeños productores en muchos de los casos, no se encuentran representados o no son partícipes de una asociación de productores de ladrillo local, que les de visibilidad como productores y que les de visibilidad al producto que producen. No cuentan con asesoría permanente sobre los aspectos técnicos, ambientales, jurídicos y comerciales que implican la producción de ladrillo. La visibilidad y representación de las asociaciones de ladrilleros es fundamental para que el clúster de la construcción, representado por la Cámara Colombiana de la Construcción -CAMACOL- los tenga en cuenta. CAMACOL tiene el programa de “Directorio de la industria de la construcción”<sup>2</sup> donde se recoge en un solo sitio toda la oferta de materiales y servicios relacionados al gremio de la construcción y que es altamente

---

<sup>2</sup> Directorio de la industria de la Construcción: <http://www.directorioconstruccion.com/index.php>

consultado por los constructores. Una revisión rápida de este directorio, muestra que la oferta de productos de ladrillo está dada por las grandes ladrilleras -que están correctamente visibilizados-, y por algunas ladrilleras medianas. Quedando los pequeños productores rezagados a mercados de menor tamaño.

Al no estar asociados los pequeños productores, se dificulta aún más la capacidad de innovación y de reconversión de tecnología, así como la comunicación con instituciones de I+D pertenecientes a las universidades. Y en consecuencia, el sector presenta poca habilidad para absorber nuevas tecnologías de cocción.

#### *Alto grado de informalidad de los productores del sector.*

En las zonas rurales de Colombia, los pequeños productores de ladrillo ven esta actividad como una solución a corto plazo a sus necesidades primarias de subsistencia, por lo que muchas de estas unidades productivas no son empresas legalmente constituidas. Al no ser legalmente constituidas, no pueden acceder a los beneficios de financiación, cooperación y asesoría por parte de las entidades y programas diseñados para promover la eficiencia energética, y a al no recibir este tipo de ayuda, las ladrilleras no van a poder superar el estado de subsistencia en el que siempre han estado, convirtiéndose esto es un círculo vicioso.

#### **Capacidades.**

*Falta de personal calificado para la instalación, operación y mantenimiento de las tecnologías de mitigación del cambio climático. Débil formación de personal en eficiencia energética, producción limpia y efecto invernadero.*

El personal que trabaja en el sector ladrillero, no cuenta con una adecuada capacitación en conceptos de calentamiento, en el manejo y mantenimiento de los hornos, en el uso racional y eficiente de la energía. No hay conciencia que al incrementar o invertir en eficiencia energética beneficia en el mediano y largo plazo la competitividad de la empresa, impactando los costos de producción. Se tiene el preconceito que eficiencia energética es algo impuesto por la autoridad ambiental, y se ve como un gasto y no como una inversión. Adicional a esto, está el arraigo por parte de los productores a elaborar los ladrillos de la manera tradicional.

El grado de sofisticación y complejidad de los sistemas de instrumentación y control incorporados en las tecnologías de combustión y calentamiento de nueva generación, generalmente no es asimilable al nivel tecnológico de los operarios, por lo que normalmente se generan problemas de operación adecuada y de no disponibilidad de los equipos. Cuando no se disponen de proyectos de referencia y programas demostrativos, se genera un alto grado de escepticismo, el cual genera desconfianza y temor en los beneficios de la tecnología, y al ser considerada como “extraña” se cree que no se puede implementar.

#### **Técnicas.**

*Tecnología no adaptable a la escala productiva de las Pymes.*

La capacidad de producción de las tecnologías puede variar con la capacidad normal de producción de las ladrilleras. Por lo que se debe realizar una adaptación a la escala requerida. En la Tabla 30 se muestra la capacidad nominal de cada una de las tecnologías priorizadas y si la tasa de producción es acorde a la de las ladrilleras.

Otro aspecto que se deben tener en cuenta, es la compatibilidad de la tecnología con los energéticos disponibles en la región donde está ubicada la ladrillera. La tecnología debe operar correctamente con diferentes combustibles, entre ellos biomasa.



*Falta de proveedores nacionales, disponibilidad limitada de piezas de repuesto.*

La falta de proveedores incrementan los costos de la transferencia de tecnología debido a la necesidad de importación. Además, dificulta la retroalimentación entre el empresario y el proveedor en la etapa de implementación, el mantenimiento y la reparación de los equipos, imposibilitando o retardando el proceso productivo que involucre la operación de la tecnología.

Si bien hay oferta nacional de tecnología y asesoría para la producción de ladrillo. La empresa más reconocida en la región central de Colombia es MAQUILOB LTDA, una empresa dedicada a la fabricación y distribución de maquinaria para las empresas del sector ladrillero. Entre sus productos esta la construcción de quemadores de carbón pulverizado llamados Carbo-jets, y las máquinas de extrusión. También ofrecen servicio de instalación de sistemas de control y fabricación de hornos tipo túnel y Hoffman. Sin embargo, la cantidad de empresas que hay no es suficiente para motivar entre ellas la competencia de mercado, de manera que la innovación y la búsqueda constante de nuevas tecnologías disponibles en el exterior no son percibidas como prioritarias o estratégicas dentro de su cadena de negocio.

*Incertidumbre en la calidad del carbón.*

El carbón mineral es el combustible que se utiliza en los hornos de cocción de ladrillo. Los productores lo compran por lotes que pueden variar en el origen de la veta en la mina, en calidad e incluso puede cambiar de mina, por lo que cada lote que se compra es diferente en composición y calidad al resto. Los proveedores de carbón no certifican la calidad del energético ni garantizan que tenga el mismo contenido calórico en cada lote que se compra. Esta variación en la energía en cada quema ocasiona dificultades en el control correcto de la combustión y el control de la cocción. Y en consecuencia pueden generar mayor pérdida de producto por cocción incompleta, por fractura o por sobre cocción.

Para las nuevas tecnologías, esta incertidumbre puede generar problemas en la combustión y afectar la eficiencia energética.

En la Tabla 34 se presentan las barreras clasificadas según categoría y ubicación en la fase CDIO de la tecnología. En la tabla se resaltan las medidas que afectan directamente cada fase.

**Tabla 34 Enfoque CDIO para las barreras identificadas en el sector ladrillero.**

BARRERAS IDENTIFICADAS PARA EL SECTOR LADRILLERO	FASE			
<b>Económicas y financieras</b>				
Altos costos de modificación e implementación de la tecnología.	C	D	I	O
Costos de capital y alternativas de financiación.	C	D	I	O
Uso del tiempo de retorno de inversión como criterio económico decisión, hay miedo a asumir riesgos.	C	D	I	O
<b>Fallas en el mercado</b>				
Restricciones en el tamaño de la demanda.	C	D	I	O
Fortalecimiento del mercado de eficiencia energética en el país.	C	D	I	O
Carencia de programas demostrativos que venzan el escepticismo tecnológico y cultural.	C	D	I	O
<b>Capacidad institucional y organizativa.</b>				
La mayoría de las empresas son Pymes con débil grado de integración y capacidad de innovación.	C	D	I	O
Alto grado de informalidad de los productores del sector.	C	D	I	O
<b>Habilidades humanas.</b>				
Falta de personal calificado para la instalación, operación y mantenimiento de las tecnologías de mitigación del cambio climático. Débil formación de personal en eficiencia energética, producción limpia y efecto invernadero.	C	D	I	O
<b>Técnicas</b>				
Tecnología no adaptable a la escala productiva de las Pymes.	C	D	I	O

Falta de proveedores nacionales, disponibilidad limitada de piezas de repuesto.	C	D	I	O
Incertidumbre en la calidad del Carbón	C	D	I	O

Con lo presentado en la Tabla 34, se encuentra que las barreras que afectan la fase inicial de la transferencia de la tecnología son las pertenecientes a las de falla de mercado, al grado de integración y capacidad de innovación de las Pymes y al limitado servicio de los proveedores nacionales de tecnología. Las barreras que afectan las fase de diseño son las barreras tipo técnicas y la carencia de proyectos referencia y demostrativos en el país. La fase de implementación se ve afectada por las barreas tipo económicas y financieras, así como el grado de informalidad del sector ladrillero. Y finalmente, las barreras que afectan la fase de operación son la falta de personal calificado para la instalación, operación y mantenimiento de las tecnologías de cocción de ladrillo y la incertidumbre en la calidad del carbón utilizado en los hornos.

Por lo anterior, se puede prever que durante el planteamiento de las medidas para superar las barreras y durante la creación del plan de acción, es importante buscar inicialmente la superación de las barreras concernientes a las fallas del mercado; especialmente las restricciones al tamaño de la demanda, el alto grado de informalidad y el débil grado de articulación y capacidad de innovación de las ladrilleras. Luego superar las restricciones técnicas y financieras de las tecnologías, y finalmente, buscar la capacitación y formación del personal que trabaja en las empresas.

### 8.1.1 Análisis de barreras para las tecnologías priorizadas en el subsector ladrillero.

Dada la conveniencia de identificar las condiciones específicas en que algunas barreras adquieren importancia como obstáculo para la transferencia de las tecnologías priorizadas en la Tabla 35 se presentan consideraciones y análisis sobre esta situación.

Si bien el sector ladrillero es homogéneo en cuanto a tecnologías y procedimientos de cocción del ladrillo, y por lo tanto, las barreras encontradas aplican para todas las tecnologías priorizadas. Hay dos barreas que deben ser desagregadas, estas son los costos de modificación e implementación de las tecnologías y la adaptación a la capacidad de producción de la ladrillera. De la Tabla 35 se encuentra que la tecnología con mayor costo de implementación es el horno vertical, seguido por el sistema de combustión de aire forzado. Por capacidad de adaptación a la escala productiva de la empresa, el sistema de combustión de aire forzado es el que mejor se adapta a las condiciones actuales, utilizando de hecho, parte de la infraestructura existente. Por otro lado, la capacidad de producción del horno vertical es aproximadamente diez veces mayor a la media de una ladrillera mediana.

Tabla 35 Análisis de barreras para las tecnologías priorizadas en el subsector ladrillero. Fuente [38]

		HORNO VERTICAL	HORNO MK2	SISTEMA DE COMBUSTIÓN AIRE FORZADO
<b>BARRERAS</b>	<b>Altos costos de modificación e implementación de la tecnología.</b>	Costos de construcción - costo directo:		Costos de construcción - costo directo:
		\$COP 167.550.000	Costo: \$USD10.000	\$COP 56.380.000
		Costos indirectos de la construcción:	para una capacidad de 50 Ton /mes.	Costos indirectos de la construcción:
		\$COP 40.890.000		\$COP 15.170.000
		Costos de gerencia:		Costos de gerencia:

	HORNO VERTICAL	HORNO MK2	SISTEMA DE COMBUSTIÓN AIRE FORZADO
	\$COP 7.540.000 Costos financieros: \$COP 23.760.000  Costo total de construcción: \$COP 239.730.000 Costos estimados para un horno vertical de dos bóvedas de capacidad de producción de 12233 ton/año.		\$COP 3.110.000 Costos financieros: \$COP 8.220.000  Costo total de construcción: \$COP 82.860.000  Los equipos de quema tienen una capacidad cada uno de entrega de 500 a 1000 kg de carbón hora. Y ser utilizados en hornos tipo colmena. Los tipos de tecnología de dosificación de carbón son: Stoker, y Carbojet.
<b>Tecnología no adaptable a la escala productiva de las Pymes.</b>	La capacidad nominal de producción del horno vertical con dos bóvedas es 1020 toneladas al mes en operación continua. La producción media de una ladrillera pequeña con un horno tipo fuego dormido es 103.25 toneladas mes.	Se reporta capacidad de producción de 50 toneladas por mes. La producción media de una ladrillera pequeña con un horno tipo fuego dormido es 103.25 toneladas mes.	Los equipos de quema y dosificación de carbón se adaptan a un horno tipo colmena y tipo baúl ya construidos, con capacidad media de producción de 40.5 ton/ mes.

\*No se especifican costos directos ni de construcciones adicionales.

## 8.2 Identificación de medidas para la superación de barreras y clasificación CDIO.

Para cada una de las barreras, el equipo consultor y los actores involucrados propusieron las posibles soluciones o medidas para superarlas, así como el enfoque CDIO para cada una de ellas mostradas en la Tabla 38.

### Medidas económicas y financieras.

#### *Exención del IVA.*

Mediante los incentivos establecidos en la Resolución 0186 de 2012 del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, relacionadas con la exención del IVA, lo cual representa una reducción del 16 % en los costos de implementación de las tecnologías. Es el proveedor de la tecnología quien debe realizar los trámites correspondientes para solicitar dicho beneficio.

#### *Estructurar los proyectos para facilitar el acceso a créditos de innovación a largo plazo y proyectos con riesgo tecnológico compartido.*

Asesorar a los pequeños y medianos productores de ladrillo, en los mecanismos y cumplir con los requisitos exigidos por las entidades financieras. Estos créditos son una fuente de recursos financieros para desarrollo y adaptación de tecnología eficientes de cocción. También se busca dar a conocer a los productores todos los beneficios y oportunidades de financiación que existen.

*Proyecto de análisis de los efectos positivos y negativos por la inclusión los beneficios económicos y sociales como criterios de decisión y no solo los financieros en la evaluación de los proyectos de renovación y reconversión tecnológica.*

Estructuración de un proyecto de consultoría donde se analice el efecto (positivo y negativo) de la inclusión de criterios sociales y económicos adicionales a los financieros en la formulación de proyectos de inversión. Se busca mejorar las condiciones sociales, ambientales y de salud ocupacional de las personas que están relacionadas al proceso productivo o que viven en las inmediaciones del centro de producción.

*Buscar nuevas líneas de financiamiento por medio de contratos tipo ESCO orientado a medianos productores.*

Es fuente de recursos monetarios y asesoría para el montaje, operación, mantenimiento, adaptación y desarrollo de tecnologías procesos eficientes de cocción de ladrillo. Según el tipo de contrato pactado con las ESCO, el productor puede quedar exonerado de realizar la inversión inicial.

*Estructurar medidas para bajar tasas de interés y aumentar los plazos de financiación.*

Se busca aumentar la solicitud de créditos ante entidades financieras formales bajo la línea de renovación, compra y adaptación de tecnologías eficientes de calentamiento. Se busca facilitar el acceso de los pequeños productores a dichos créditos en términos que hagan viables los proyectos, mediante la reducción de las tasas de interés, simplificación en los requisitos de crédito y ampliación de los tiempos de amortización.

### **Medidas para resolver problemas de mercado.**

*Identificación de capacidades nacionales de fabricación y montaje de hornos de cocción de ladrillo.*

Para conocer la capacidad de desarrollo e implementación de tecnología referente a la cocción de ladrillo que hay entre los proveedores y productores nacionales. Dicha capacidad debe ser acorde a las escalas de producción y condiciones locales de producción. De esta manera, es posible identificar más fácilmente cuál fase del desarrollo o adaptación de la tecnología debe ser mejorado.

*Creación de un modelo de asociación adecuado a la tradición cultural de los productores de ladrillo.*

Se busca fortalecer las agremiaciones existentes y atraer a productores que no se encuentran asociados. Con la formación de una marca común o de un clúster, se puede crear o asistir a ruedas de negocio del sector de la construcción para dar a conocer las capacidades y las necesidades que presenta el sector ladrillero en cada región productora.

Con esta medida se espera fortalecer económicamente el gremio, facilitando la comercialización, la producción y la estandarización del ladrillo que se produce entre los asociados. Se espera incrementar volumen de producción y venta y unificar el precio de comercialización. El clúster promueve la formalización y legalización de los productores, y promueve y fortalece la imagen del ladrillo como medio eficiente, económico y ambientalmente seguro para la construcción.

### **Medidas para estimular proyectos pilotos demostrativos.**

*Desarrollo, evaluación y demostración de tecnologías eficientes adaptable a la escala económica de las ladrilleras.*

Para crear autonomía nacional y capacidad de crear tecnología acorde a las condiciones locales de mercado, producción y de geografía que presentan las regiones productoras de ladrillo en Colombia. También permite diagnosticar las falencias y ventajas, que presentan las tecnologías priorizadas para mejorar su adaptación al esquema productivo de ladrillo.

*Desarrollo de proyectos demostrativos pilotos de las tecnologías eficientes disponibles comercialmente.*

Con esta medida se busca difundir y exponer ante los productores, los casos exitosos de proyectos de reconversión y adaptación de tecnologías de cocción eficientes llevados a cabo por los mismos productores, haciendo énfasis de las condiciones específicas de operación de la tecnología. El objetivo de esta medida es cambiar percepción de complejidad de la tecnología y promover beneficios económicos y ambientales. Así como para dar testimonio por parte de los mismos productores de los beneficios. El medio de difusión puede ser mediante la creación y estructuración de un servicio en línea de información y tendencia tecnológicas, y por seminario presencial.

### **Medidas para la divulgación de información técnica.**

*Estructuración de seminarios con la cooperación técnica de grupos de investigación, dirigidos a empresarios, técnicos operarios de las ladrilleras, a los técnicos en formación, en tecnologías de combustión y calentamiento con alta eficiencia.*

Formar al personal operativo y administrativo por medio de seminarios y programas de capacitación dictados por el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) en cooperación con los grupos de investigación sobre los conceptos básicos de combustión y buenas prácticas de operación de los hornos de cocción, recalcando en la importancia de la eficiencia energética y las consecuencias del cambio climático como variables de competitividad y sostenibilidad del sector en el sistema productivo del país.

### **Medidas de sensibilización a entidades gubernamentales y de cooperación internacional.**

*Coordinar las políticas públicas que estimulan la reducción de gases de efecto invernadero con los programas de cooperación internacional existentes.*

Para crear sinergias con los programas internacionales de cooperación para la búsqueda de recursos y asesoría en el manejo y mejora del impacto ambiental causado por el proceso de producción del ladrillo. Revisar experiencias internacionales para asimilar mejores prácticas y diseñe un mecanismo efectivo de coordinación, acción y seguimiento de los programas de cooperación internacional.

### **Medidas para la superación de barreras técnicas.**

*Desarrollo de proveedores, para mejorar el seguimiento y asesoría por parte del proveedor hacia el empresario del ladrillo.*

Se busca crear mecanismos de retroalimentación por parte del productor de ladrillo (que es quien tiene la necesidad y el problema) hacia el proveedor (que es quien sule la necesidad y ofrece soluciones). Se busca apoyar la creación de empresas de base tecnológica sobre sistemas de calentamiento aplicados a la producción de ladrillo por parte de las empresas productoras, utilizando su vasta experiencia del proceso de elaboración del ladrillo.

Para garantizar el correcto funcionamiento y operación de las tecnologías. Para tener oferta de soluciones acordes a las necesidades del sector, con costos menores a los equipos importados.

En la Tabla 36 se presentan las medidas clasificadas según categoría y ubicación en la fase CDIO de la tecnología. Si bien todas las barreras afectan de manera directa e indirecta todas las fases de transferencia de la tecnologías. En la tabla se resalta la fase donde hay una afectación directa.

**Tabla 36 Enfoque CDIO para las medidas identificadas en el sector ladrillero.**

MEDIDAS IDENTIFICADAS PARA EL SECTOR LADRILLERO	FASE
<b>Medidas económicas y financieras.</b>	
Exención del IVA	C D I O
Estructurar los proyectos para facilitar el acceso a créditos de innovación a largo plazo y proyectos con riesgo tecnológico compartido.	C D I O
Proyecto de análisis de los efectos positivos y negativos por la inclusión los beneficios económicos y sociales como criterios de decisión y no solo lo financieros en la evaluación de los proyectos de renovación y reconversión tecnológica.	C D I O
Buscar nuevas líneas de financiamiento por medio de contratos tipo ESCO orientado a medianos productores.	C D I O
Estructurar medidas para bajar tasas de interés y aumentar los plazos de financiación.	C D I O
<b>Medidas para resolver problemas de mercado.</b>	
Identificación de capacidades nacionales de fabricación y montaje de hornos de cocción de ladrillo.	C D I O
Creación de un modelo de asociación adecuado a la tradición cultural de los productores de ladrillo.	C D I O
<b>Medidas para estimular proyectos pilotos demostrativos</b>	
Desarrollo, evaluación y demostración de tecnologías eficientes adaptable a la escala económica de las ladrilleras.	C D I O
Desarrollo de proyectos demostrativos pilotos de las tecnologías eficientes disponibles comercialmente.	C D I O
<b>Medidas para la divulgación de información técnica</b>	
Estructuración de seminarios con la cooperación técnica de grupos de investigación, dirigidos a empresarios, técnicos operarios de las ladrilleras, a los técnicos en formación, en tecnologías de combustión y calentamiento con alta eficiencia.	C D I O
<b>Medidas de sensibilización a entidades gubernamentales y de cooperación internacional.</b>	
Coordinar las políticas públicas que estimulan la reducción de gases de efecto invernadero con los programas de cooperación internacional existentes.	C D I O
<b>Medidas para la superación de barreras técnicas</b>	
Desarrollo de proveedores, para mejorar el seguimiento y asesoría por parte del proveedor hacia el empresario del ladrillo.	C D I O

Como se mencionó en la sección 3.2, las medidas que influyen directamente la fase de concepción son las que se deben implementar primeramente. Entre las medidas más importantes de esta fase, se encuentran: el desarrollo de proyectos demostrativos pilotos de las tecnologías eficientes disponibles comercialmente, la creación de un modelo de asociación adecuado a la tradición cultural de los productores de ladrillo, y la estructuración de proyectos para facilitar el acceso a créditos de innovación a largo plazo y proyectos con riesgo tecnológico compartido. En la fase de diseño, son importantes las medidas de identificación de capacidades nacionales de fabricación y montaje de hornos de cocción de ladrillo, y la creación de un modelo de asociación adecuado a la tradición cultural de los productores de ladrillo.

En resumen, las medidas deben buscar en primera medida, vencer el escepticismo cultural y técnico por parte de los productores hacia los proyectos de reconversión tecnológica de los hornos, y en segunda medida nivelar y mejorar la formación académica de los trabajadores del sector en combustión, calentamiento y gestión de la energía.

### 8.3 Articulación de las barreras identificadas: Árbol problema.

Con el árbol de problemas se busca identificar relaciones de causalidad entre las barreras, en donde se define un problema, para este caso la transferencia de tecnologías en el sector ladrillero, y se buscan las causas que lo originan y los efectos del mismo. En la

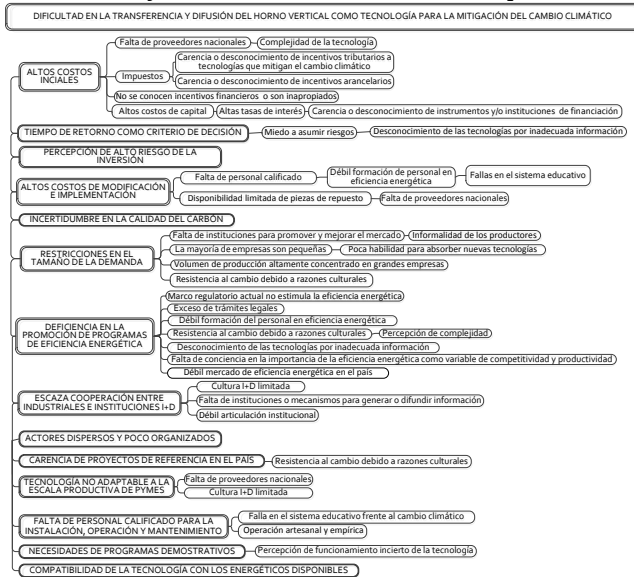


Figura 18 se muestra el árbol para el sector ladrillero, donde en la parte superior se describe el problema, y de derecha a izquierda se describen las causalidades de este con sus respectivos efectos.

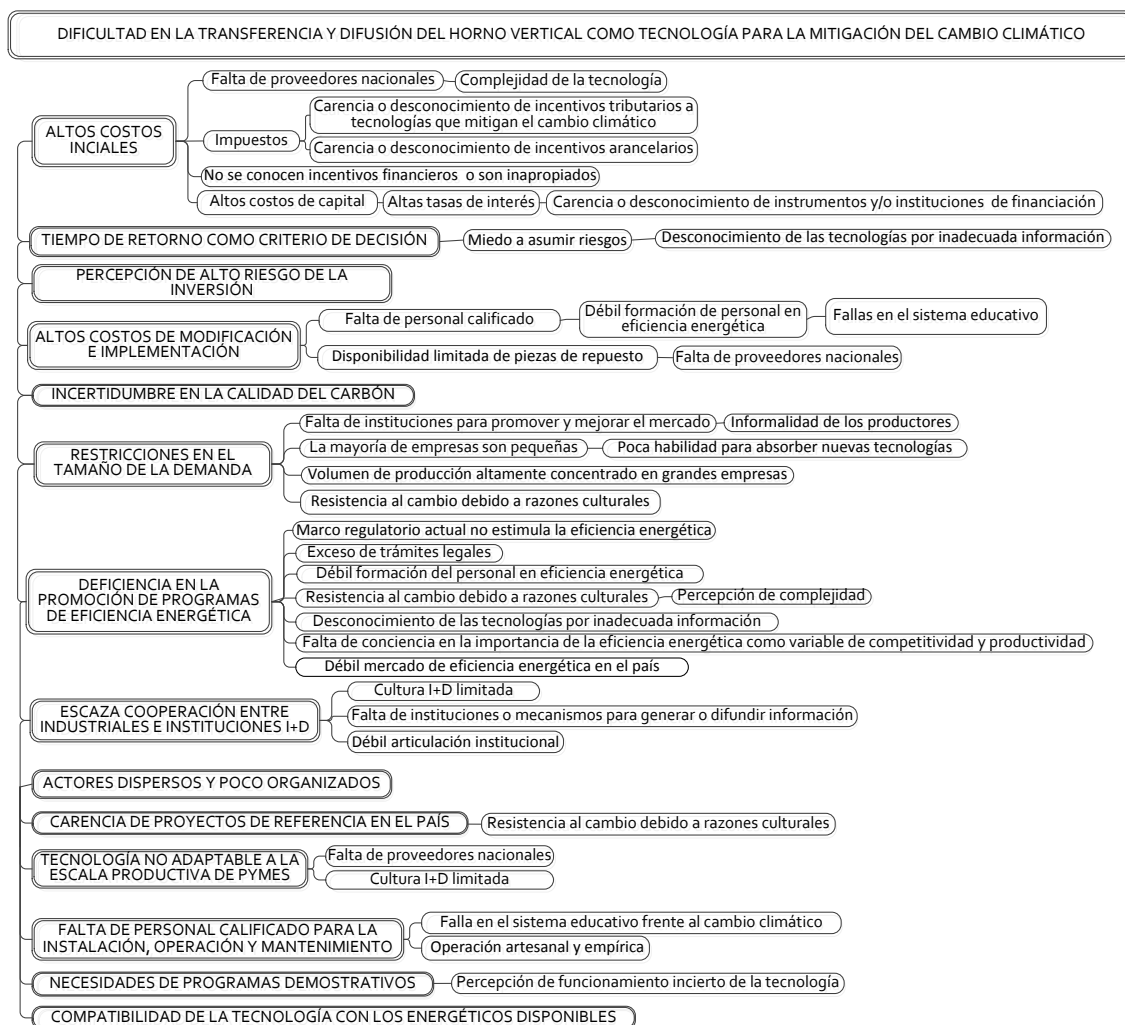


Figura 18 Árbol problema sector ladrillero

## 8.4 Análisis Jerárquico.

Siguiendo la metodología descrita en el Capítulo 1 (numeral f), se procedió a realizar el análisis de jerárquico, donde se clasificaron las barreras en las jerarquías correspondientes para cada una de las tecnologías del sector ladrillero, partiendo del análisis realizado en los numerales anteriores del presente capítulo.

Con la identificación de las principales barreras que impiden la transferencia y adaptación tecnológica, se asoció a cada una de estas las medidas correspondientes, identificando así las medidas más relevantes que deben ser implementadas (Ver Tabla 37).

Tabla 37 Principales barreras y medidas identificadas en el sector ladrillero.

	Barrera	Medida
UC IA	Tecnología no adaptable a la escala productiva de la pyme.	Desarrollo, evaluación y demostración de tecnologías adaptable a la escala económica de las ladrilleras.



	Falta de personal técnico calificado.	Estructuración de seminarios a través del Sena con la cooperación técnica de grupos de investigación, dirigidos a empresarios, técnicos operarios de las Pymes y a los técnicos en formación, en tecnologías de combustión y calentamiento con alta eficiencia.
	Necesidad de crear programas demostrativos o carencia de proyectos referencia de las tecnologías.	Desarrollo de proyectos demostrativos pilotos de las tecnologías priorizadas. Durante la demostración se debe garantizar la difusión de los casos exitosos y exposición de las condiciones específicas de operación de la tecnología, mediante la creación y estructuración de un servicio en línea de información y tendencia tecnológicas.
	Falta de instituciones para promover y mejorar el mercado entre pequeños productores.	Crear un modelo de asociación (tipo clúster) adecuado a la tradición cultural de los productores de ladrillo, buscando fortalecer las agremiaciones existentes y atraer a productores que no se encuentran asociados. Con la formación del clúster, se puede crear o asistir a ruedas de negocio del sector de la construcción para dar a conocer las capacidades y las necesidades que presenta el sector ladrillero.
<b>IMPORTANTE</b>	Actores del sector ladrillero están dispersos y poco organizados.	Crear un modelo de asociación (tipo clúster) adecuado a la tradición cultural de los productores de ladrillo, buscando fortalecer las agremiaciones existentes y atraer a productores que no se encuentran asociados. Con la formación del clúster, se puede crear o asistir a ruedas de negocio del sector de la construcción para dar a conocer las capacidades y las necesidades que presenta el sector ladrillero
	La demanda de producto no es suficiente.	
	Falta de instituciones para promover y mejorar el mercado entre pequeños productores.	
	Barreras económicas y financieras*	Medidas económicas y financieras

\*Todas las barreras pertenecientes a ésta categoría.

## Parte 2: Planes de acción de tecnologías.

## Capítulo 1 entorno habitante.

A continuación se presentan algunas políticas públicas de reciente implementación, como también algunas estrategias que han permitido consolidar capacidades nacionales, las cuales pueden favorecer la transferencia y difusión de las tecnologías priorizadas para los subsectores metalmecánico y ladrillo. Este enfoque se hace unificado para los dos subsectores en tanto las políticas públicas y estrategias examinadas anteriormente son válidas para ambos, debido a que las tecnologías priorizadas contribuyen a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero por la vía de incremento de eficiencia energética con respecto a las tecnologías convencionales. Exceptuando de este enfoque las políticas relacionadas con la transformación productiva nacional, debido a que estos solos *tienen validez en el subsector metalmecánico*.

### 1.1 Estrategia Colombiana de Desarrollo en Bajo Carbono [1].

El documento CONPES 3700 en la definición de la Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático, establece: “La Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono es una iniciativa de planeación a largo plazo (similar al documento Visión Colombia 2019 Segundo Centenario) que permitirá al país identificar el potencial de mitigación de gases efecto invernadero (GEI) y las medidas y proyectos apropiados que deben realizar los sectores productivos sin afectar el crecimiento de largo plazo de la economía colombiana”. Esta estrategia busca aprovechar oportunidades de financiación internacional, promover la transferencia de tecnología, potenciar co-beneficios, preparar a los sectores económicos del país frente a posibles barreras comerciales impuestas por la carbono-intensidad de sus procesos productivos y fomentar la imagen del país como uno progresivo y carbono-eficiente. Para construir una estrategia exitosa que se base en proyecciones de crecimiento sectorial realistas, es necesario contar con la participación activa y coordinada de todos los sectores económicos del país. De la misma manera es necesario un enfoque interinstitucional que permita abordar temas intersectoriales como la eficiencia energética, la vivienda y construcción, los biocombustibles o el parque automotor eléctrico, que son competencia de varios sectores”.

### 1.2 Política nacional de uso racional y eficiente de la energía [2, 42].

En Colombia en el año de 2001 se expidió la Ley 697 [42], mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de energía y promoción de las energías renovables, se promueve la utilización del uso racional de la energía y se dictan otras disposiciones. En este contexto el Ministerio de Minas Energía, mediante Resolución 180919 del 1 de junio de 2010, por lo cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010- 2015 para desarrollar el programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes no Convencionales de energía, PROURE. En la Tabla 38 se presentan las metas sectoriales del PROURE y en la Tabla 39 los programas y líneas de acción por sector.

Tabla 38 Metas sectoriales del PROURE

SECTOR	META DE AHORRO DE ENERGÍA A 2015 (%)	
Industrial	Energía eléctrica	3.43
	Otros energéticos	0.25
Transporte	Otros energéticos	0.33

Fuente: [2]

Tabla 39 Programas y líneas de acción PROURE

SUBPROGRAMA	LINEA DE ACCIÓN
<b>SECTOR INDUSTRIAL</b>	
Optimización del uso de la energía para fuerza motriz	Promover la sustitución de los motores actuales por motores de alta eficiencia
Optimización de procesos de combustión	Promover el aprovechamiento del calor residual generado en procesos de combustión

Fuente: [2]

### 1.3 Política nacional en ciencia, tecnología e innovación [43].

COLCIENCIAS, organismo rector del gobierno nacional en materia de políticas de ciencia y tecnología, a través del Programa Nacional de Investigación en Energía y Minería, mediante el Plan Estratégico del Programa para el período 2010-2019, ha definido como una de las líneas de investigación, la línea Mejoras en los Procesos de Producción y Utilización de la Energía: Programa de Nacional de Investigación e Innovación en Combustión de Combustibles Fósiles y de Origen Renovable, lo cual se ve reflejado en la convocatoria de redes de conocimiento, temática Eficiencia Energética en el Sector Productivo realizados en el año 2011, al considerar, entre otras, las siguientes líneas en la estructuración del programa:

- Diagnósticos energéticos integrales de los sistemas energéticos con procesos intensivos en consumo de energía.
- Desarrollo, evaluación y demostración de equipos de combustión y calentamiento que operan con tecnologías innovadoras de combustión.
- Estudio y caracterización de la combustión de biocombustibles producido con biomasa autóctona de Colombia.

### 1.4 Fondo de regalías para ciencia y tecnología [44].

En los actuales momentos Colombia se encuentra en auge minero-energético, caracterizado por un flujo importante de inversión extranjera para exploración y explotación de recursos energéticos (petróleo, carbón y gas natural) y minerales (oro, níquel y otros), lo cual está generando significativos recursos a la economía nacional, al punto que la actividad minero energética representa aproximadamente un 80 % del PIB. De los ingresos por regalía, el gobierno nacional ha definido invertir para los próximos 10 años aproximadamente 10 billones de pesos para financiación de un fondo para la ciencia, la tecnología y al innovación. La ley 1530 [44] de 2012 Artículo 29 del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación establece como objetivo “Incrementar la capacidad científica, tecnológica, de innovación y de competitividad de las regiones, mediante proyectos que contribuyan a la producción, uso, integración y apropiación del conocimiento en el aparato productivo y en la sociedad en general, incluidos los proyectos relacionados con biotecnología y tecnologías de la información y las comunicaciones”.

### 1.5 Transformación productiva nacional.

En el año de 2008 el Ministerio de Industria y Comercio lanzo este programa de largo plazo, el cual tiene los siguientes objetivos:

- Impulsar el desarrollo de sectores nuevos y emergentes de clase mundial: estos sectores tienen alto potencial de crecimiento, una creciente demanda en mercados mundiales y son intensivos en tecnología y conocimiento. Deben ser sectores con demanda externa y sobre los cuales tiene el país con qué desarrollar ventajas competitivas.
- Estimular la producción de más y mejor de lo bueno, bajo estándares de clase mundial: consiste en una transformación dentro de los sectores ya establecidos, agregando valor e innovación. Se pretende con ello volcar el aparato productivo hacia productos con mayor valor agregado e innovación y duplicar rápidamente la productividad de los trabajadores colombianos.

El programa de transformación productiva ha seleccionado unos sectores productivos para estimular su desarrollo como de talla mundial y con altos niveles de competitividad en el mercado internacional, los cuales son los siguientes: Cosméticos y Aseo; Aparatos Domésticos; Autopartes; Farmacéuticos; Tercerización de Servicios; Desarrollo de Software y Servicios de Tecnologías de la Información; y Salud y Turismo de Salud.

Los sectores aparatos doméstico y autopartes hacen parte del sector metalmeccánico, sus perfiles energéticos se caracterizan por altos consumos de energía térmica y consecuencia al altas emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que el incremento de la eficiencia energética, la disminución de gases de efecto invernadero y la producción limpias, serán determinantes en su competitividad internacional.

## **1.6 Programa de desarrollo de proveedores orientado a Pymes.**

Con el objetivo de bajar costos de importación y de stop de bienes, accesorios, insumos, cuya fabricación requiere de procesos de combustión y calentamiento, varias empresas grandes en Colombia desarrollan programas de proveedores, consistentes en contratos de compra a Pymes, acompañados de programas de asesoría y transferencia de tecnologías, para que estas reduzcan sus costos de producción, mejora de calidad productos y productividad de los procesos. Mediante mecanismo de concertación, estos programas pueden ser aprovechados como canales de transferencia de las tecnologías priorizadas hacia las Pymes con procesos de combustión y calentamiento de alta temperatura.

Algunos de este programa son desarrollados orientados a Pymes por grandes empresas ensambladoras en el sector automotriz (Sofasa, Colmotores y otras), integradoras en el sector metalmeccánico (Industrias Haceb, Challinger, Whirpool, Mabe, Superior y otras), empresas energéticas y mineras (Ecopetrol, EPM, ISAGEN e ISA, entre otras.) También recientemente se ha conocido que el PNUD en alianza con otras instituciones del Estado (Ministerio de Industria y Comercio, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio del Trabajo y Departamento de Prosperidad Social) desarrollará en Colombia un programa de desarrollo de proveedores.

## Capítulo 2 Plan de acción para las tecnologías del sector metalmecánico.

A partir del análisis, conclusiones y recomendaciones obtenidas en el informe de análisis de barreras, se determinó que las principales barreras a superar en el sector metalmecánico son las relacionadas con: dificultades económicas y financieras para poder disponer del capital requerido por la inversión de la tecnología, el bajo nivel de formación en I+D y temas de calentamiento, eficiencia energética y producción limpia, la no adaptabilidad de las tecnologías a la escala de producción de las pymes y las limitaciones en la oferta de estas por parte de proveedores nacionales.

La problemática del sector permitió identificar como estas barreras afectan de manera específica cada una de las tecnologías, dadas sus características. Por esto se requiere del planteamiento de medidas, las cuales serán agrupadas para estructurar cuatro (4) planes de acción, direccionados a:

- Superar los problemas estructurales del sector que impiden el crecimiento y competitividad de las tecnologías priorizadas: (1) Plan de acción sectorial (acciones transversales).
- Superar las barreras que impiden la transferencia de cada una de las tecnologías: (2) Plan de acción para el horno de crisol autoregenerativo, (3) Plan de acción para el horno de inducción y (4) Plan de acción para los quemadores autoregenerativos y autorecuperativos.

Las medidas que componen estos planes de acción pueden ser acciones a corto y mediano plazo, para esto es conveniente definir un marco de referencia en términos de la identificación de líneas estratégicas de acción, cuya ejecución contribuya a la superación de los problemas estructurales, mejora de la competitividad y viabilidad técnico-económica del sector a largo plazo. Estas líneas estratégicas agruparán el conjunto definido de medidas para el sector y las tres tecnologías, con el fin de dar un enfoque particular a estas con relación a las acciones involucradas y estructurar los planes de acción con base a estas.

El análisis de la situación planteada en el párrafo anterior ha permitido identificar la pertinencia de las siguientes líneas estratégicas de acción:

- Asociatividad de pymes, modernización tecnológica y articulación a empresas anclas.
- Financiación adecuada y adaptable a las condiciones económicas de las pymes para promover programas de modernización tecnológica, asociación entre pymes y para el fortalecimiento de capacidades tecnológicas.
- Consolidación de capacidades nacionales para la innovación, fabricación, adaptación y seguimiento en la operación de las tecnologías priorizadas.

A continuación se presenta la descripción de las líneas estratégicas, donde se definen sus alcances y se analizan las políticas disponibles en el país que puedan contribuir a la ejecución de estas y al alcance de sus impactos esperados.

**Línea estratégica de acción 1: Asociatividad de pymes, articulación a empresas anclas y modernización tecnológica.**

El grado de atomización de las pymes y sus reducidos niveles de producción, comparados con índices internacionales, exige promover su asociatividad a través de parques industriales, clúster y articulación de cadenas productivas, para así aprovechar economías de escala e incrementar sus niveles de producción. Esto requiere iniciativas que fomenten el incremento de la demanda de productos metalmecánicos manufacturados por pymes a través de procesos de alta temperatura. Estas iniciativas se describen a continuación:

- Incrementar las exportaciones de los productos del sector, aprovechando los tratados de libre comercio firmados recientemente por Colombia, donde es de particular importancia el tratado firmado con Estados Unidos, dado el déficit que presenta este país en la producción de algunos componentes metalmecánicos (En 2008 EEUU importó 3'681.000 toneladas de productos fundidos, lo que representa el 23,4 % de la demanda nacional). En la Tabla 40 se presenta información del tipo de productos fundidos importados [45]

**Tabla 40 Productos fundidos importados por Estados Unidos, año 2008 [45]**

Producto	Cantidad (Toneladas)	Porcentaje de la demanda nacional
Hierro gris.	1'630.000	29%
Hierro dúctil.	576.000	12%
Aleación acero de bajo carbono.	266.000	21%
Aluminio moldes permanente.	566.000	44%
Aluminio fundición de precisión.	334.000	25%
Cobre.	67.000	19%

Conviene advertir, que un estudio contratado por el Sena en el año 2007, señala que dentro de los nuevos quinientos productos que Colombia podría exportar al mercado Norteamericano, se encuentran varios productos metalmecánicos (componentes para la industria automotriz, para maquinaria agrícola y para sistemas de bombeo), cuya producción es intensiva en el consumo de energía térmica. Esta situación sirve de apoyo en la sensibilización a organismos regionales y nacionales de productividad y fomento industrial, para que estos estimulen la creación de parques industriales, preferiblemente ubicados en zonas francas.

- El crecimiento del sector minero-energético y de algunos sectores manufactureros, los cuales son intensivos en la demanda de productos metalmecánicos, debe permitir una concertación con empresas anclas de estos sectores con el fin de estructurar un programa de desarrollo de proveedores, el cual permita jalonar la demanda, y mediante la transferencia de tecnologías y buenas prácticas, mejorar la calidad de los productos y la productividad de los procesos.

Esta estrategia encuentra un ambiente favorable en el contexto de las políticas de competitividad y productividad y de transformación productiva nacional, definidas en los documentos Conpes 3668 y 3484 [46, 47]. Estas políticas crean un marco estimulante y favorable para el fortalecimiento o desarrollo de nuevos emprendimientos empresariales. También son de pertinencia, en el marco de las políticas regionales de competitividad, las que hoy se promueven en algunos departamentos, particularmente en la Costa Caribe, Valle, Cundinamarca y Antioquia.

- La modernización tecnológica soportada en tecnologías eficientes y limpias, adaptables a las respectivas escalas de producción y especificaciones técnicas de los procesos, se constituye en un factor determinante para reducir los costos de producción asociado a los energéticos, los cuales en procesos de combustión y calentamiento pueden representar en algunos casos hasta un 40% de los costos totales. Esta estrategia también permite mejorar la calidad de los productos, reducir las emisiones contaminantes y crear condiciones óptimas de salud ocupacional y en consecuencia mayor productividad laboral. El desarrollo de esta estrategia encuentra un marco favorable para su ejecución en las siguientes políticas: Desarrollo Tecnológico e Industrial promovida por el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo de Regalías para Ciencia y Tecnología y la resolución 0186 del MADS.

Para la selección de las empresas que participaran en el programa de modernización tecnológica, ubicadas en las ciudades de Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla, se sugiere aplicar la ruta que se muestra en la Figura 19 y que se describe a continuación:

- Primero, identificación de las empresas por proceso productivo. Esto se hace a través de los registros de las Cámaras de Comercio de las respectivas ciudades y de los estudios de diagnósticos energéticos realizados en el sector y que se encuentren disponibles.
- Segundo, análisis de las características económicas y técnicas de las empresas: volumen de producción, número de trabajadores, ventas anuales, renta líquida en los dos últimos años, características de los equipos instalados, perfil energético y nivel de formación de la gerencia y/o propietario.
- Tercero, aplicación de los criterios de preselección:
  - ✓ Volumen de producción con posibilidades de adaptación a las especificaciones técnicas de la tecnología a aplicar.
  - ✓ Sensibilidad de la gerencia y/o propietarios a la eficiencia energética, producción limpia y seguimiento de nuevas tecnologías.
  - ✓ Posibilidades de sostenibilidad en el mercado a mediano y largo plazo.
  - ✓ Tradición de la gerencia y/o propietarios para la gestión de recursos requeridos en el negocio.
- Cuarto, aplicación de los criterios de selección:
  - ✓ Capacidad de la empresa, en el compromiso de contrapartidas en especie y/o recursos financieros.
  - ✓ Capacidad de la empresa para gestionar recursos financieros complementarios.
  - ✓ Nivel de formación técnica de los operarios, alternativamente disposición de estos para acometer formación en tecnologías de combustión y calentamiento electromagnético.
  - ✓ Compromiso de la empresa para permitir que el proyecto de reconversión, sirva como piloto o referencia, así como también para la divulgación de la relación costo-beneficio del programa.



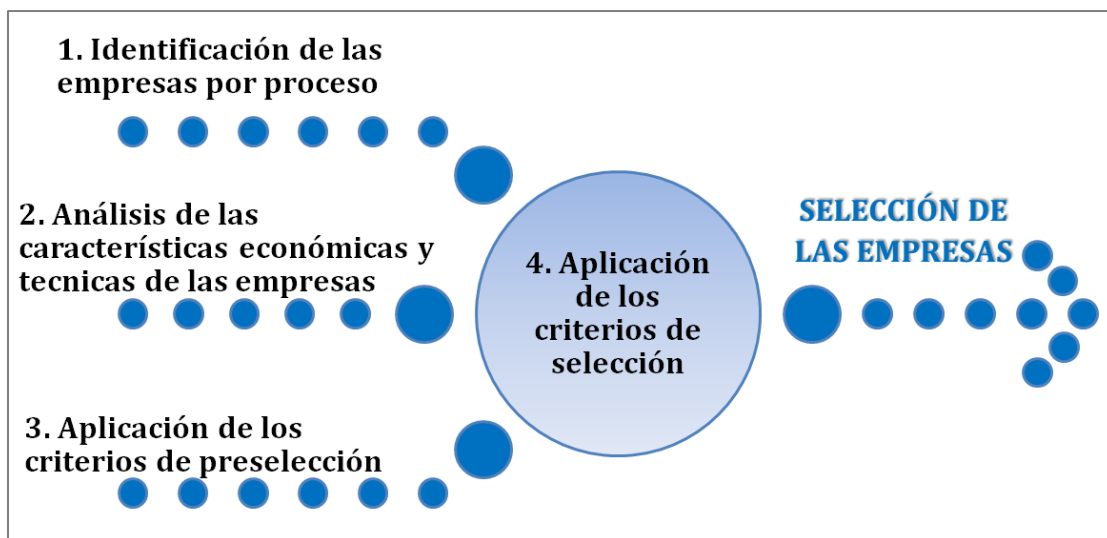


Figura 19 Ruta para la selección de pymes que participarán potencial en el programa de modernización tecnológica.

En la Tabla 41 se presentan los casos exitosos en la modernización tecnológica de pymes en el sector metalmecánico con procesos de alta temperatura:

Tabla 41 Casos exitosos en la transferencia de tecnologías en el sector metalmecánico.

Fusión de ferrosos: Horno de Inducción
<p>Es de conocimiento por parte del equipo consultor, que en Colombia existen un proyecto de referencia exitoso en pymes para el horno de inducción el cual se ubica en la ciudad de Bogotá, en la empresa Metalnodul la cual se dedica a la fabricación de piezas fundidas de materiales ferrosos e hizo el cambio tecnológico hace 4 años.</p> <p>En relación con las posibilidades nacionales de fabricación del horno de inducción, se ha conocido que el Centro de Desarrollo Metalmecánico del Pacífico ha desarrollado un prototipo de este equipo, pero la información reportada no permite concluir acerca de aplicación en proyectos pilotos o comercialización.</p>
Fusión de no ferrosos: Horno de Crisol auto-regenerativo
<p>En el caso del horno de crisol autoregenerativo ya se realizó un proyecto piloto demostrativo durante dos meses en la fundición Uribe Molina, ubicada en Guarne Antioquia, pyme que se especializa en la fabricación de herrajes para líneas de distribución y transmisión eléctrica. Durante las demostraciones se redujo en un 50% el consumo de gas natural con respecto a los hornos convencionales, se mejoró ostensiblemente las condiciones de salud ocupacional y las piezas fundidas no presentaron porosidad y en consecuencia se obtuvo una mejor calidad de producto. Actualmente la empresa Indisa, ubicada en la ciudad de Medellín, ha adquirido los derechos de licenciamiento de esta tecnología y se encuentra en proceso de fabricación y comercialización de este.</p>

En la Tabla 42 se muestra el consolidado de los objetivos específicos y generales, así como las metas a lograr en línea estratégica de acción 1.

Tabla 42 Objetivos línea estratégica 1

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	METAS/INDICADORES
<p>Generar condiciones para aprovechar economías de escala, incrementar volúmenes de producción e incrementar la eficiencia energética de los procesos productivos. Esto con el propósito de mejorar la productividad y competitividad de</p>	<p>Promover la construcción de cuatro (4) parques industriales en los centros urbanos del país (Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla), para así aprovechar economías de escala, incrementar volúmenes de producción y reducir costos.</p>	<p>META: *Construcción de al menos cuatro (4) parques industriales en cada una de las ciudades, en los cuales se integren los procesos de fusión de materiales ferrosos y no ferrosos, tratamientos térmicos, forja y galvanizado en caliente, como también los servicios</p>

las pymes y contribuir en la reducción de GEI.		<p>auxiliares requeridos: autogeneración de energía, red de agua, red de aire comprimido y circuito de refrigeración. Así mismo los laboratorios de control de calidad necesarios en cada proceso.</p> <p>INDICADOR: parques industriales construidos</p>
	<p>Promover la transferencia de las tres tecnologías priorizadas en los procesos de fusión de materiales, tratamientos térmicos y galvanizado en caliente. Con esto se espera lograr impactos integrales en: reducción en el consumo de energéticos, reducción de emisiones de GEI y contaminantes que afecten la calidad del aire, mejorar la calidad de los productos, incrementar la productividad de los procesos y generar condiciones óptimas de salud ocupacional.</p>	<p>META: Reconversión tecnológica de hornos en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- al menos 10 pymes con procesos de fusión de materiales ferrosos,.</li> <li>- al menos 10 pymes con procesos de fusión de materiales no ferrosos.</li> <li>- al menos 10 pymes con procesos de tratamientos térmicos.</li> <li>- al menos 10 pymes con procesos Forja.</li> </ul> <p>INDICADOR: Número de empresas con reconversión tecnológica realizada</p>
	<p>Estructurar y desarrollar un programa de exportaciones hacia el mercado Estadounidense de productos metalmecánicos. Estos productos deben presentar ventajas comparativas con respecto a los exportados por otros países. Esta propuesta busca incrementar los volúmenes de producción y la rentabilidad de las pymes, lo cual genera sostenibilidad en el mercado y viabilidad a largo plazo.</p>	<p>META: Al menos cuatro (4) productos metalmecánicos identificados y análisis de sus respectivas ventajas comparativas.</p> <p>INDICADOR: Número de productos metalmecánicos identificados y análisis de sus respectivas ventajas comparativas.</p>
	<p>Concertar con empresas anclas, demandantes de productos metalmecánicos, programas de desarrollo de proveedores. Esto con el propósito de garantizar la transferencia de tecnologías, buenas prácticas e incrementos en los volúmenes de producción.</p>	<p>META: Al menos Tres (3) programas de desarrollo de proveedores con empresas anclas para pymes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Industria automotriz.</li> <li>-Sector minero energético.</li> <li>-Industrias fabricantes de electrodomésticos y gasodomésticos.</li> </ul> <p>INDICADOR: Número de pymes con programas de desarrollo de proveedores con empresas ancla.</p>

***Línea estratégica 2: Financiación adecuada y adaptable a las condiciones económicas de las pymes, para promover programas de modernización tecnológica, asociación entre pymes y para el fortalecimiento de capacidades tecnológicas.***

Con el desarrollo del proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas, se logró identificar la limitante que presentan las pymes a la hora de efectuar una inversión tecnológica, ya sea a partir de recursos propios o por la vía de acceso a créditos disponibles en la banca tradicional. Esto se constituye en una importante barrera que dificulta la transferencia de las tecnologías priorizadas y en consecuencia la productividad y competitividad del sector metalmeccánico con procesos de alta temperatura.

Para la superación de esta barrera se requiere de una estrategia de financiación que aproveche los diferentes mecanismos disponibles en el país, que se caracterizan por ser preferiblemente del tipo no reembolsable, con periodos de gracias razonables y bajos intereses, los cuales deben estar específicamente orientados a promover a los programas de eficiencia energética, de producción limpia, innovación tecnológica y mejoramiento de la capacidad exportadora.

Con los resultados del proyecto se verificó la existencia en el país de dichos mecanismos de financiación, así como sus alcances y requisitos de acceso. Entre los mecanismos de financiación más destacados se tienen los siguientes: Convocatoria de Cofinanciación de Colciencias, Resolución 0186 del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Fondo de Ciencia y Tecnología para el desarrollo de las regiones. Es importante precisar que la existencia de estos instrumentos o mecanismos de financiación no garantiza su uso por parte de las pymes, es por esto que se requieren acciones complementarias para su divulgación y para estimular a algunos actores que se especialicen en la estructuración, presentación y acompañamiento a pymes en la estructuración de este tipo de proyectos.

No obstante la disponibilidad de los mecanismos disponibles en el país en la modalidad no reembolsable, se requiere una estrategia complementaria a estos, que se sugiere se estructure de acuerdo a las siguientes opciones:

- Creación de un fondo en Bancoldex para la financiación de créditos a pymes que desarrollen programas de eficiencia energética, con múltiples impactos en reducción de emisiones de GEI, mejora de la productividad del proceso, mejores condiciones de salud ocupacional, incremento en la rentabilidad del negocio por reducción de costos de producción. Este crédito debe tener una tasa de interés inferior establecida en el programa de financiación BID-Bancolombia, periodo de gracia de 36 meses y un plazo de 10 años.
- Modalidad de financiación por terceros, la cual consiste en que una institución realiza la inversión para la adquisición de la tecnología y la puesta en marcha de la reconversión, pagándose el crédito y los beneficios por los ahorros que se obtengan durante cierto periodo de operación del proyecto. Una vez pagado el crédito, como resultado de los ahorros energéticos, la tecnología pasa a ser propiedad de la empresa así como los ahorros energéticos obtenidos a partir de ese momento.

En la Tabla 43 se muestra el consolidado de los objetivos específicos y generales, así como las metas a lograr en línea estratégica de acción 2.

**Tabla 43 Objetivos línea estratégica 2**

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	METAS/INDICADORES
Estructurar, divulgar y ejecutar un programa de financiación para la modernización tecnológica, las iniciativas de asociación entre	Identificar y utilizar los incentivos tributarios disponibles en el país, con el fin de reducir costos de ejecución de proyectos demostrativos y de modernización tecnológica.	Presentación de 40 solicitudes para la compra de las tecnologías mediante las

<p>pymes y el fortalecimiento de capacidades tecnológicas nacionales. Esto con el fin de aprovechar los instrumentos financieros disponibles en el país y que son adaptables a las particularidades económicas de las pymes.</p>	<p>Identificar y utilizar los fondos de financiación disponibles en el país que estimulan programas de desarrollo tecnológico e industrial. Esto con el fin de implementar los proyectos de asociación entre pymes y de promoción de exportaciones, con la condición de que sean recursos no reembolsables.</p>	<p>convocatorias de UPME-MADS (resolución 0186 de 2012) y/o Colciencias modalidad contingente. Presentación al fondo de Regalías para C&amp;T, de solicitudes de financiación de cuatro (4) parques industriales a instalar en Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla.</p>
--	---	---

***Línea estratégica 3: Consolidación de capacidades nacionales para la innovación, fabricación, adaptación y seguimiento en la operación de las tecnologías priorizadas.***

En esta estrategia se plantea la estructuración de 3 niveles, los cuales se describen a continuación:

- La asimilación y adaptación de las tecnologías a las condiciones de escala económica de las pymes, exige la disponibilidad de grupos de investigación, centros de desarrollo tecnológico y firmas consultoras especializadas. Estos centros deben de estar en la capacidad de comprender y dominar los fenómenos característicos de las tecnologías con el fin de promover su divulgación y diseminación y romper el estigma de “cajas negras”. Con esto se puede garantizar que las pymes aprovechen adecuadamente las tecnologías, alcanzando los beneficios esperados y que el ciclo de vida útil sea óptimo.  
Para viabilizar esta estrategia, es importante de iniciativas de articulación con las políticas nacionales de eficiencia energética (Programa Proure) y del Programa de Investigación en Energía y Minería de Colciencias.
- Estimular el desarrollo de proveedores nacionales para la fabricación y/o adaptación de las tecnologías priorizadas y establecer adecuado de canales para el servicio de posventa. Esta estrategia deberá combinar una transferencia internacional adecuada de la tecnología, esfuerzos locales en I+D y la estructuración de modelos de negocios basados en contratos de fabricación. Todo esto con el fin de aprovechar la infraestructura existente en el país para la fabricación de algunos componentes requeridos por las tecnologías, reducir costos de stop y capacidad ociosa instalada.  
Como marco favorable se tienen la Política Nacional de Transformación Productiva, Estrategias Nacionales de Productividad y Competitividad, Fondo de Regalías para Ciencia y Tecnología y los programas de Colciencias para el desarrollo tecnológico industrial.
- Formación de tecnólogos en tecnologías de combustión y calentamiento electromagnético. El análisis de barreras realizado para el sector, determinó que en Colombia no existen programas de formación específicos en las áreas señaladas en la estrategia. Esta limitación no solo afecta la transferencia de las tecnologías, sino que además dificulta que las condiciones de operación no sean óptimas durante el periodo de vida útil, como también la productividad laboral de los operarios.  
Esta estrategia requiere de la estructuración de programas de formación en tecnologías de combustión y calentamiento, para lo cual es posible aprovechar la experiencia del Sena en formación técnica y sus políticas de formación para el trabajo y la productividad.

En la Tabla 44 se muestra el consolidado de los objetivos específicos y generales, así como las metas a lograr en línea estratégica de acción.

Tabla 44 Objetivos línea estratégica 3

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	METAS/INDICADORES
<p>Estructurar y desarrollar un programa de consolidación de capacidades tecnológicas nacionales, para apoyar la transferencia de las tecnologías priorizadas y garantizar la competitividad del sector metalmecánico en el mercado nacional e internacional.</p>	<p>Estructurar un programa para la identificación y/o conformación de grupos y centros de desarrollo tecnológicos, que se especialicen en procesos de innovación, asimilación y adaptación de tecnologías de combustión y calentamiento de alta eficiencia energética.</p>	<p>META: Disponer al menos de cuatro (4) grupos de investigación o centros tecnológicos especializados en la temática.</p> <p>INDICADOR: grupos de investigación o centros tecnológicos especializados en la temática creados.</p>
	<p>Estimular el desarrollo de proveedores nacionales para la fabricación y adaptación de las tecnologías priorizadas. Esto contribuirá a la reducción de costos de inversión y a mejorar la disponibilidad de servicios de postventa adecuados.</p>	<p>META: Disponer al menos de dos (2) proveedores nacionales, por cada una de las tecnologías priorizadas.</p> <p>INDICADOR: número proveedores nacionales de las tecnologías priorizadas.</p>
	<p>Estructurar un programa de formación de técnicos en tecnologías de combustión y calentamiento electromagnético. Esto con el fin de proporcionar soporte en la operación eficiente y segura de las tecnologías transferidas y en proyectos de modernización tecnológica realizados por las pymes.</p>	<p>META: Disponer de cuatro (4) programas de formación tecnológica en la temática, en las sucursales del SENA o de otros centros de formación tecnológica situadas en Bogotá, Medellín, Barranquilla y Cali.</p> <p>INDICADOR: número de programas de formación tecnológica con los que cuenta las principales ciudades del país.</p>

## 2.1 Acciones a nivel sectorial en el subsector metalmecánico.

En la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC) se plantea que : “Colombia ha definido una política de desarrollo bajo en carbono la cual busca aprovechar oportunidades de financiación internacional, promover la transferencia de tecnología, potenciar co-beneficios, preparar a los sectores económicos del país frente a posibles barreras comerciales impuestas por el factor de carbono-intensidad de sus procesos productivos y fomentar la imagen del país como uno progresivo y carbono-eficiente. Para construir una estrategia exitosa que se base en proyecciones de crecimiento sectorial realistas, es necesario contar con la participación activa y coordinada de todos los sectores económicos del país. De la misma manera, es necesario un enfoque interinstitucional que permita abordar temas

intersectoriales como la eficiencia energética, la vivienda y construcción, los biocombustibles o el parque automotor eléctrico, que son competencia de varios sectores” [1].

Es así como en el marco de esta Estrategia, los sectores deben propender por desligar su crecimiento económico de las emisiones de gases de efecto invernadero, aprovechando además los co-beneficios que se deriven de las medidas de mitigación que se formularan como resultado de la ECDBC. Sin duda que los esfuerzos y compromisos que el sector industrial asuma con esta estrategia, no solo contribuirá a la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, también debe ser revertido en la obtención de co-beneficios que permitan lograr ventajas competitivas en los mercados internacionales por la comercialización de productos de baja carbono intensidad, mejorar la productividad de los procesos, reducción de los costos de producción, reducción de emisiones contaminantes que afectan la calidad del aire, suelo y agua, así mismo, mejoras en la salud ocupacional en los procesos productivos.

Dada la importancia del sector metalmeccánico en la economía nacional, en particular el representado en pequeñas y medianas empresas, la transferencia de las tecnologías priorizadas en este estudio, es de gran pertinencia y validez en el contexto de la política de desarrollo bajo en carbono, en tanto es posible obtener reducciones significativas de gases de efecto invernadero por unidad de producto, pero también obtener los co-beneficios relacionados con:

- Reducción de costos de producción como consecuencia de la disminución en los consumos de los energéticos, en tanto en el sector metalmeccánico con alta temperatura, los costos de energía pueden representar entre un 20-40% de los costos de producción.
- Cumplimiento de normas de control de emisiones que afectan la calidad del aire, las cuales en muchas ocasiones es difícil satisfacer con el uso de las tecnologías convencionales.
- Mejora de las condiciones de salud ocupacional y en consecuencia la reducción de costos laborales por incapacidades, así mismo mejoras en la productividad laboral.
- Mejoras en la calidad de los productos al tenerse procesos de calentamiento más uniforme, lo cual produce los índices de reciclaje de productos rechazados por imperfecciones.

### 2.1.1 Barreras a nivel sectorial y acciones propuestas.

Con el análisis de barreras, el cual contó con la participación de actores estratégicos, se determinó que las barreras identificadas son comunes para las tres tecnologías, las cuales fueron analizadas desde la problemática del sector precisando las particularidades que se presentan en algunas de ellas con relación a cada una de las tecnologías (parte 2 capítulo 7 de Análisis de Barreras). El listado consolidado se presenta en la Tabla 45.

**Tabla 45 Barreras identificadas en el sector metalmeccánico y de aplicación transversal a las tres tecnologías priorizadas.**

<b>BARRERAS IDENTIFICADAS PARA EL SECTOR METALMECÁNICO</b>
<b><i>Barreras económicas y financieras.</i></b>
Altos costos iniciales.
Falta de proveedores nacionales.
Altos costos de capital.
Desconocimiento por parte de las pymes de los incentivos existentes: arancelarios y tributarios.
Altos costos de modificación e implementación
Incertidumbre en las tarifas de los energéticos.

Uso del tiempo de retorno de inversión (TIR) como criterio económico decisión.
<b>Fallas en el Mercado</b>
Restricciones en el tamaño de la demanda y/o falta de instituciones para promover y mejorar el mercado.
Carencia de proyectos de referencia en el país y/o poca visibilidad de las tecnologías.
<b>Normas y regulaciones legales.</b>
Marco regulatorio actual no estimula la eficiencia energética.
<b>Fallas en la comunicación.</b>
Escasa cooperación entre los industriales y las instituciones de I+D.
<b>Capacidad institucional y organizativa.</b>
La mayoría de las empresas son Pymes con débil grado de integración y encadenamientos.
Cultura de I+D limitada.
<b>Habilidades humanas</b>
Débil formación de personal en el manejo de nuevas tecnologías y temas de eficiencia energética, producción limpia y efecto invernadero.
<b>Comportamiento social y cultural.</b>
Falta de conciencia en la importancia de la eficiencia energética como variable de competitividad y productividad.
<b>Información y sensibilización.</b>
Desconocimiento de las tecnologías por inadecuada información.
<b>Técnicas</b>
Tecnología no adaptable a la escala productiva de las Pymes.
Necesidad de proyectos demostrativos que venzan el escepticismo tecnológico.
Falta de proveedores nacionales.
Garantizar suministros confiables de energéticos a Pymes con dificultades de acceso.

Para estructurar el plan de acción sectorial, se debe agrupar el conjunto de medidas que lo componen, las cuales son acciones articuladas a las barreras identificadas para el sector metalmeccánico y cuya implementación afecta a las tres tecnologías. Estas medidas son agrupadas en las tres líneas estratégicas de acción definidas al comienzo del capítulo y se definen las respectivas etapas de desarrollo del proceso transferencia tecnológica que están siendo impulsadas por cada una de estas medidas. (Ver Tabla 46).

**Tabla 46 Medidas identificadas en el sector metalmeccánico y de aplicación transversal a las tres tecnologías priorizadas y participación de cada una de estas en las fases de desarrollo del proceso de transferencia tecnológica.**

MEDIDAS IDENTIFICADAS PARA EL SECTOR METALMECÁNICO	ETAPA DE DESARROLLO DEL PROCESO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA			
	CONCEPCION	DISEÑO	IMPLEMENTACIÓN	OPERACIÓN
<b>Línea estratégica de acción 1: Asociatividad de pymes, articulación a empresas anclas y modernización tecnológica.</b>				
Estructuración de un parque industrial dónde se instalen Pymes con procesos de combustión y calentamiento en los sectores metalmeccánico e industrial, ubicados en Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla.	X	X	X	
Estructurar un programa de concertación con empresas anclas, que demandan componentes y accesorios, cuya fabricación se realiza en Pymes con procesos de combustión y calentamiento a alta temperatura, para por su conducto transferir las tecnologías priorizadas.		X		

<b>Línea estratégica 2: Financiación adecuada y adaptable a las condiciones económicas de las pymes</b>				
Exención del IVA: Incentivos establecidos en la Resolución 0186 de 2012 del MADS.	X		X	X
Aprovechar fuentes de financiación de carácter no reembolsable, y con orientación específica para demostrar las ventajas comparativas de las tecnologías de alta eficiencia energética.	X	X	X	X
Estructurar los proyectos para facilitar el acceso a créditos de innovación a largo plazo (Colciencias-BancoldeX)	X	X	X	X
Estructurar los proyectos para facilitar el acceso al financiamiento que ofrece Colciencias en la modalidad de proyecto como riesgo tecnológico compartido	X	X	X	X
Estructurar y presentar al convenio Colciencias-BID que promueve la implementación de proyectos pilotos en eficiencia energética para Pymes.	X	X	X	X
Estructurar y presentar proyectos a las convocatorias anuales del Fondo de Regalía de Ciencia y Tecnología.	X	X	X	X
Implementar de mecanismos de financiación no reembolsables.	X	X	X	X
Coordinar las políticas públicas que estimulan la reducción de gases de efecto invernadero con los programa de cooperación internacional existentes.			X	X
<b>Línea estratégica 3: Consolidación de capacidades nacionales para la innovación, fabricación, adaptación y seguimiento en la operación de las tecnologías priorizadas.</b>				
Estructuración de un programa de divulgación y alfabetización tecnológica.		X	X	X
Fortalecer e incentivar capacidades nacionales existentes en investigación e innovación.	X	X		

En la Tabla 47 se describen detalladamente las medidas que componen estas líneas estratégicas con sus respectivos actores involucrados, costos, calendario de ejecución, riesgos e indicadores de éxito. Estas líneas estratégicas, conjuntamente, constituyen el plan de acción sectorial.



Tabla 47 Plan de acción sectorial (sector metalmeccánico)

PLAN DE ACCIÓN PARA FACILITAR LA TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS PRIORIZADAS EN EL SECTOR METALMECÁNICO						
Medida/acción	¿Por qué es necesaria?	¿Quién debe realizarla?	¿Cómo debe realizarse?	Calendario de ejecución	Costos	Indicadores de éxito y riesgos
<i>Línea estratégica de acción 1: Asociatividad de pymes, articulación a empresas anclas y modernización tecnológica.</i>						
<i>Estructuración de un parque industrial dónde se instalen Pymes con procesos de combustión y calentamiento en los sectores metalmeccánico e industrial, ubicados en Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla.</i>	El sobredimensionamiento de algunas de estas tecnologías dificultan el acceso de las Pymes a estas, por lo que la estructuración de parques industriales es una alternativa que permite que estas empresas compartan los equipos de combustión y calentamiento, beneficiándose así de las tecnologías y optimizando el uso de materia prima y energéticos, como también de infraestructura para el control de calidad	MINCOMERCIO. Secretarías Departamentales de Productividad y Competitividad. Empresas Tractoras. Alcaldías. Cámaras de comercio. ACOPI	*Definición e implementación de la estrategia y mecanismos de financiación de los cuatro parques. *Diseño y estructuración de los parques. *Sensibilización y motivación a Pymes para instalarse en los parques. *Definición del modelo administrativo, operativo y comercial de los parques. *Construcción de los parques. Instalación de las Pymes en los parques.	Segundo semestre de 2014 al segundo semestre de 2016	Entre 1 y 1.5 millones de dólares por parque industrial, incluyendo costo de la tecnología, obras civiles, servicios auxiliares.	Al menos cuatro parques industriales para la producción de materiales no ferrosos y ferrosos, con producción promedio entre 500 a 1000 toneladas días.  Riesgo: está asociado a que una vez el proyecto entre en operación, se genere en los empresarios reticencia a la asociatividad de intereses individuales.
<i>Desarrollo de proyectos pilotos a partir de tecnologías disponibles comercialmente en el país y con servicios de posventa garantizados y adecuados</i>	La experiencia internacional demuestra que la implementación de proyectos demostrativos, es una buena estrategia para vencer el escepticismo de las empresas acerca de los beneficios de las tecnologías de alta eficiencia energética. Además es de importancia al momento de evaluar los requerimientos de adaptación de las tecnologías, las condiciones y escala específica de los procesos, generar indicadores económicos de implementación y	Fedemetal-ANDI. Grupos de Investigación. Proveedores de Tecnologías. MADS. ESCOs. Secretarías departamentales y municipales de productividad y acometividad.	Primero, identificar empresas pymes interesadas en las bondades de la tecnología. Segundo, concertar con proveedores de tecnologías para el suministro de estas. Tercero, desarrollo de pruebas demostrativas. Por último, divulgación de los resultados	Primer semestre de 2014 al primer semestre de 2015	\$60 mil dólares por proyecto piloto, sin incluir el costo de la tecnología, la cual debe ser garantizada por el proveedor.	Realizar ocho proyectos piloto en los cuatro centros urbanos más grandes del país, en el sector metalmeccánico con proceso de fusión de materiales ferrosos y no ferrosos. Esto tendrá una duración de un año  Riesgo: una vez los proyectos piloto terminan la fase de

Primer informe Plan de Acción  
República de Colombia

	beneficios, como también dar señales de confianza a los financiadores.		obtenidos. (Ver Figura 19)		verificación de beneficios y demostración de la viabilidad técnico-económica de la tecnología, no se cuenta con una estrategia de transferencia de las tecnologías,
<i>Estructurar un programa de concertación con empresas anclas, que demandan componentes y accesorios, cuya fabricación se realiza en Pymes con procesos de combustión y calentamiento a alta temperatura, para por esta vía transferir las tecnologías priorizadas.</i>	Las empresas anclas son un buen canal de transferencia, porque tienen interés en que sus proveedores reduzcan costos de producción, mejoren productividad y calidad de productos, como también en un contexto de sus política de responsabilidad social empresarial se reduzcan emisiones y se garanticen condiciones óptima de salud ocupacional. Estos requerimientos se logran con la transferencia de las tecnologías priorizadas.	ANDI-Empresas anclas. Grupos de Investigación. Proveedores de Tecnologías. MADS. ESCOs.	Mediante la realización de un estudio que permita : *Identificar las empresas anclas demandantes de productos metalmecánicos fabricados con proceso de alta temperatura. *Estructurar una a estrategia de concertación con las empresas anclas. *Estructurar los mecanismos de coordinación y operación del programa.	Segundo semestre de 2013 al primer semestre de 2014	\$30 mil dólares para la realización del estudio.  Existencia de un programa de transferencia de las tecnologías priorizadas hacia las Pymes, utilizando como canal y posible fuente de cofinanciación empresas anclas. Riesgo: está relacionado lograr despertar el interés de las empresas anclas.
<b>Línea estratégica 2: Financiación adecuada y adaptable a las condiciones económicas de las pymes</b>					
<i>Estructuración de los proyectos de la transferencia de las tecnologías priorizadas a las Pymes, aprovechando la exención del IVA y de ser posible el descuento de la inversión, del pago del impuesto de renta: según lo establecido en la Resolución 0186 de 2012.</i>	La aplicación de esta medida en la estructuración y ejecución de proyectos de transferencia de las tecnologías priorizadas, puede representar una reducción de aproximadamente el 41%% en los costos de inversión líquida. Esto siempre y cuando la renta líquida en el año gravable respectivo a la inversión de la tecnología no exceda el 20% de la renta.	MADS. ESCOs Ministerio de Minas, UPME. Proveedores de tecnología	Promover la constitución de estructuradores de los proyectos, para que acompañen a las pymes antes los respectivos órganos financieros. Divulgación de los incentivos existentes a través de la asociación de pymes.	Primer semestre de 2013 a 2019	No aplica, hace parte de la estrategia de venta de las tecnologías.  Número de proyectos en ejecución con solicitud aprobada por el MADS. Riesgo: número de proyectos con solicitud no aprobada por no cumplir los términos de la resolución y/o formulación incorrecta.

Primer informe Plan de Acción  
República de Colombia

<p><i>Estructurar y presentar al convenio Colciencias-BID que promueve la implementación de proyectos pilotos en eficiencia energética para Pymes, como estrategia de financiación de los programas pilotos para promover la transferencia de las tecnologías priorizadas.</i></p>	<p>Existen limitaciones de financiación de proyectos demostrativos en el país, no obstante la importancia de estos para superar varias de las barreras identificadas en el estudio.</p>	<p>COLCIENCIAS. Proveedores de tecnologías en asocio con grupos de investigación.</p>	<p>Mediante la alianza de grupos de investigación, ESCOs y consultores con asociaciones de pymes o pymes individuales, para la estructuración, presentación, seguimiento e implementación de los proyectos.</p>	<p>Comienza segundo semestre de 2013</p>	<p>Entre \$20 a \$50 mil dólares por proyecto piloto, sin incluir el costo de la tecnología.</p>	<p>Número de proyectos pilotos presentados y aprobados por COLCIENCIAS. Riesgo: número de proyectos con solicitud no aprobada, por no cumplir los términos de la convocatoria y/o mala formulación.</p>
<p><i>Aprovechar fuentes de financiación de carácter no reembolsable, y con orientación específica para demostrar las ventajas comparativas de las tecnologías de alta eficiencia energética.</i></p>	<p>La estructuración de proyectos en esta modalidad permite deducir la componente no reembolsable y la financiación de la componente reembolsable, cuyos porcentajes se fijan de acuerdo al grado de éxito del proyecto. Estas situaciones aplican donde se requiere adaptar la tecnología a transferir. Los acuerdos entre Pymes y el desarrollador de la tecnología para sustentar y presentar el proyecto como de innovación, facilitan el uso de este instrumento.</p>	<p>MADS. Pymes con procesos de alta temperatura. COLCIENCIAS. Bancóldex. Proveedores de tecnologías. Grupos de investigación. ESCOs.</p>	<p>Mediante la alianza de grupos de investigación, ESCOs y consultores con asociaciones de pymes o pymes individuales, para la estructuración, presentación, seguimiento e implementación de los proyectos.</p>	<p>Primer semestre de 2014 a 2019</p>	<p>Costo de personal encargado para la asesoría en la estructuración del proyecto. \$1.000 dólares.</p>	<p>Número de proyectos en la modalidad de cofinanciación presentados y aprobados por COLCIENCIAS. Riesgo: número de proyectos con solicitud no aprobada, por no cumplir los términos de la convocatoria y/o mala formulación.</p>
<p><i>Estructurar y presentar proyectos a las convocatorias anuales del Fondo de Regalías de Ciencia y Tecnología, para la financiación de acciones que son determinantes para la transferencia de las tecnologías y su sostenibilidad de largo plazo, pero su puesta en marcha requiere de grandes inversiones.</i></p>	<p>Porque se requiere de una fuente de financiación para ejecutar simultáneamente diversas acciones, cuyo costo es considerable. Analizados los objetivos del Fondo y potencial para asignación de recursos, es factible la financiación de las siguientes medidas: *Desarrollo de un parque industrial para agrupar pymes con procesos de calentamiento de alta temperatura, en las capitales de los cuatro departamentos. *Desarrollo de proyectos pilotos</p>	<p>Comités departamentales de competitividad. Ministerio de Industria y Comercio. Secretarías departamentales de Productividad. Proveedores de tecnologías Grupos de investigación y centros de desarrollo</p>	<p>Concertación entre asociaciones de pymes, comités regionales de competitividad y secretarías departamentales y/o municipales de productividad, para la estructuración de los proyectos y solicitud de los respectivos avales ante la gobernación y alcaldías.</p>	<p>Primer semestre de 2014- 2016</p>	<p>Costo de formulación: \$200.000 dólares. Fuente: Secretarías departamentales de Productividad. Coste de implementación: 1 y 1.5 millones de dólares, por parque industrial.</p>	<p>*Implementación de cuatro parques industriales en Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla. *Implementación de un proyecto piloto por cada tecnología priorizada, en cada uno de los cuatro grandes centros urbanos. *Implementación de un programación de formación técnica en combustión y</p>

Primer informe Plan de Acción  
República de Colombia

	<p>demonstrativo de las tres tecnologías priorizadas en las capitales de los cuatro departamentos.</p> <p>*Programa de formación técnica en tecnologías de combustión y calentamiento electromagnético.</p> <p>*Desarrollo de proveedores nacionales de tecnologías de nueva generación en combustión y calentamiento electromagnético</p>	tecnológico.				<p>calentamiento electromagnético, en cada uno de los cuatros centros urbanos.</p> <p>Riesgos: desempeño inadecuado de la coordinación entre los actores, y en consecuencia no se formule una propuesta de calidad, lo cual puede incidir en la no aprobación del proyecto.</p>
<p><i>Implementar mecanismos de financiación no reembolsables, de acuerdo a las siguientes opciones:</i></p> <p>- Creación de un fondo en Bancoldex para la financiación de créditos a pymes que desarrollen programas de eficiencia energética.</p> <p>- Modalidad de financiación por terceros.</p>	<p>Para las pymes, las modalidades de financiación tradicionales, se caracterizan por tener altas tasas de interés, altas exigencias de garantías y plazos inadecuados. Estas exigencias son difíciles de cumplir por parte de las pymes. Si bien hoy existen en el país mecanismos de financiación no reembolsable, muy probablemente los alcances de estos no son suficientes para la financiación de los proyectos, por lo que se requerirá de estrategias complementarias de financiación como las que se describen en esta medida.</p>	<p>Distribuidores de energéticos. Proveedores de tecnologías. Bancoldex.</p>	<p>Mediante la estructuración de una institución mixta entre distribuidores de energéticos y Bancoldex.</p>	<p>Periodo 2014-2019</p>	No aplica.	<p>Creación de dos (2) instituciones para implementar la modalidad de financiación por terceros. Riesgo: Coordinación de actores y receptividad de las pymes a este modelo de financiación que no es común en el medio.</p>
<p><i>Coordinar las políticas públicas del orden nacional y regional, que estimulan la eficiencia energética, desarrollo bajo en carbono y producción limpia, con los programas de cooperación internacional existentes sobre estos temas.</i></p>	<p>Para estimular la reducción de GEI se cuenta con políticas tanto nacionales como internacionales, por lo que la articulación de estas tendría un efecto positivo, evitando la dispersión de recursos y la duplicación de iniciativas.</p>	<p>UPME. MADS. Ministerio de comercio. Ministerio de Relaciones Exteriores. Fedemetal -ANDI. ACOPI. Cámaras de Comercio.</p>	<p>Mediante consultorías que estudien experiencias internacionales para asimilar mejores prácticas y estructuren un mecanismo efectivo de coordinación, acción y seguimiento de los programas de cooperación</p>	<p>Segundo semestre de 2013 al segundo semestre de 2014</p>	<p>\$20 mil dólares, para la financiación de una consultoría.</p>	<p>Mecanismo de coordinación disponible y socializado ante los principales actores mediadores y/o receptores de la cooperación internacional en los temas señalados.</p>

Primer informe Plan de Acción  
República de Colombia

		DNP. Gobernaciones. Alcaldías de grandes ciudades. Organismos de cooperación internacional.	internacional.			Riesgo: Falla de los mecanismos de convocatoria y concertación entre los actores, como también la no existencia de una cabeza visible que jalone, convoque y coordine.
<b>Línea estratégica 3: Consolidación de capacidades nacionales para la innovación, fabricación, adaptación y seguimiento en la operación de las tecnologías priorizadas.</b>						
<i>Programa de divulgación y alfabetización tecnológica sobre eficiencia energética, importancia de los sistemas de combustión en la economía y la sociedad. Orientado a empresarios de Pymes, organismos formuladores de políticas públicas y entidades financieras.</i>	Los vacíos de información técnica de calidad, presentada de manera didáctica, como también la ausencia de divulgación experiencias exitosas nacionales e internacionales, dificultan la transferencia tecnológica. Los empresarios no perciben las nuevas tendencias, los formuladores de políticas públicas no las referencian y las entidades financieras las desconocen.	Fedemetal-ANDI. Grupos de investigación. SENA. Cámaras de Comercio. ACOPI. UMPE. MADS. Proveedores de tecnologías. Entidades financieras. Ministerio de comunicaciones y TIC	Mediante las actividades de divulgación realizadas por el programa PROURE del Ministerio de Minas y Energía.	Segundo semestre de 2014 al segundo semestre de 2015	\$70 mil dólares.	Existencia de un programa editado para promover en los canales de televisión y en Internet, tipo Boletín del Consumidor. Estructuración de un servicio en línea de información orientado a los empresarios y departamento técnicos de las Pymes, para informar sobre nuevas tendencias en tecnología energética en el sector Riesgo: está asociado a que no se dé un mecanismo de concertación adecuado entre los principales actores para la estructuración del programa.
Fortalecer e incentivar capacidades nacionales en investigación e innovación en eficiencia energética, desarrollo bajo carbono, procesos de combustión y calentamiento y generación	Es necesario disponer de capacidades científicas y tecnológicas en el país, para poder garantizar el desarrollo de las nuevas tecnologías la y adaptación a los requerimientos específicos de la Pymes del sector metalmecánico y otros sectores	ANDI. ACOPI. Ministerio de Minas y Energía COLCIENCIAS. Grupos de Investigación. Red nacional de	Mediante la realización de un programa de transferencia de conocimientos desde la red INCOMBUSTIÓN a las regiones con menor desarrollo en el	Primer semestre de 2014 al primer semestre de 2016	\$100 mil dólares programa de transferencia de conocimiento (INCOMBUSTION) Fuente de financiación Fondo Nacional de Regalías	Existencia de un programa de transferencia de conocimientos en regiones de menor desarrollo en el tema. Estructuración y funcionamiento de un

Primer informe Plan de Acción  
República de Colombia

<p>electromagnética de calor, que permitan la adaptación de las tecnologías de alta eficiencia energética y productividad a la escala económica de las Pymes, como también seguir el cambio tecnológico mundial en estos temas, para evitar nuevos rezagos tecnológicos de la Pymes.</p>	<p>con procesos de calentamiento alta temperatura. Con ello se lograría reducir los costos de inversión y garantizar confiabilidad y disponibilidad en la operación de las tecnologías. También se garantizaría seguir el cambio tecnológico mundial en estos temas, para evitar nuevos rezagos tecnológicos por parte de las Pymes.</p>	<p>investigación en combustión avanzada de uso industrial- INCOMBUSTIÓN</p>	<p>tema. Mediante el fortalecimiento del programa nacional de investigación en Optimización del Uso de la energía Térmica, de COLCIENCIAS</p>	<p>para Ciencia y Tecnología \$400 mil dólares para el fortalecimiento de Optimización del Uso de la energía Térmica.</p>	<p>programa nacional de investigación e innovación en combustión y calentamiento electromagnético, orientado a Pymes con procesos de alta temperatura. Riesgo: está asociado a que no se dé un mecanismo de concertación adecuado entre los principales actores</p>
--	--	---	---	---	---

## **2.2 Plan de acción para la tecnología horno de crisol autoregenerativo.**

El análisis de barreras y medidas para el sector metalmeccánico, determinó que la transferencia del horno de crisol autoregenerativo y las sostenibilidad de su uso en largo plazo dependerá de la aplicación simultánea de las siguientes medidas: capturar los incentivos vigentes en el país, realizar proyectos demostrativos para divulgación y verificación de las ventajas comparativas de la tecnología, programas de divulgación en el sector, modelo de negociación por parte de los proveedores basado en contratos de fabricación, en algunos casos asociatividad de Pymes en parques industriales para superar problema de escala económica. También un adecuado servicio de mantenimiento y ajuste en el periodo de vida útil de la tecnología.

Lo anterior muestra como la estructuración de este plan de acción involucra las acciones propuestas a nivel sectorial, y además otras acciones que deben analizarse de manera particular para llevar a cabo la transferencia del horno de crisol autoregenerativo.

### **10.2.1 Objetivos y metas para difusión y transferencia del horno de crisol autoregenerativo.**

En el marco de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono y de las conclusiones, recomendaciones y medidas identificadas en el Estudio de Evaluación de Necesidades Tecnológicas para la Mitigación del Cambio Climático en el sector Metalmeccánico de Pymes, el programa de transferencia y difusión del horno de crisol tiene las siguientes metas:

Para las pymes productoras de materiales ferrosos y ubicadas en los cuatro centros urbanos más importantes, sustituir los hornos actuales de gran obsolescencia tecnológica, baja eficiencia y grandes emisiones de GEI, por hornos de crisol auto-regenerativo. Esta transferencia se complementa con acciones que mejoren también la operación los sistemas periféricos de los procesos y la sensibilización por la aplicación de buenas prácticas de gestión de la energía y ambientales. Para las pymes pertenecientes al subsector de fusión de no ferrosos y dependiendo de las variaciones anuales de sus volúmenes de producción, se estima que la reducción de GEI se encuentra entre 2.246 y 5.617 Ton CO<sub>2</sub> al año. Esto representa reducciones del 71%, con respecto a las tecnologías instaladas actualmente. También se obtienen ahorros en el consumo de combustible de 62.5% aproximadamente, esto como resultado del incremento en la eficiencia energética obtenido con la tecnología sustituta.

Se espera que las metas planteadas puedan ser alcanzadas en un periodo de cinco años, para lo cual se debe realizar la aplicación combinada de las acciones o medidas que se describen en el plan de acción que se presenta a continuación.

### **2.2.2 Barreras y medidas para la difusión del horno de crisol autoregenerativo.**

Como se precisó en el numeral 2.1.1, el listado de barreras presentado en la Tabla 45 aplica para la transferencia del horno de crisol autoregenerativo, sus especificidades fueron precisadas en el análisis de barreras, parte 2 capítulo 7.

Para la estructuración del plan de acción se planteó un conjunto de medidas que inciden de manera específica en la transferencia del horno de crisol, y que combinadas con las acciones sectoriales (ver Tabla 46) proporcionan los índices de competitividad y la viabilidad técnico económica que requiere la tecnología para ser transferida y difundida exitosamente en el sector.

El listado de medidas consolidado es agrupado en las líneas estratégicas 1 y 3 dado que la línea estratégica 2 hace referencia las acciones que se deben implementar para facilitar la financiación de las tecnologías. Esta línea estrategia (2) se ha considerado transversal para las tres tecnologías dado que a pesar de que las tecnologías presenten particularidades en las barreras económicas y financieras, los mecanismos y posibilidades de financiación son factores determinantes en su transferencia. Esto para el caso específico en el que las pymes, al tener una capacidad financiera limitada, no pueden acceder a la tecnología al no disponer de recursos propios o de acciones que posibiliten la financiación y sostenimiento adecuado de estas. Además se definen las respectivas etapas de desarrollo del proceso transferencia tecnológica que están siendo impulsadas por cada una de estas medidas (Ver Tabla 48).

**Tabla 48 Medidas identificadas para la tecnología horno de crisol autoregenerativo y participación de cada una de estas en las fases de desarrollo del proceso de transferencia tecnológica.**

MEDIDAS IDENTIFICADAS PARA EL HORNO DE CRISOL AUTOREGENERATIVO	ETAPA DE DESARROLLO DEL PROCESO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA			
	CONCEPCION	DISEÑO	IMPLEMENTACIÓN	OPERACIÓN
<i>Línea estratégica de acción 1: Asociatividad de pymes, articulación a empresas anclas y modernización tecnológica.</i>				
Garantizar suministros confiables de energéticos a Pymes con dificultades de acceso.			X	
<i>Línea estratégica 3: Consolidación de capacidades nacionales para la innovación, fabricación, adaptación y seguimiento en la operación de las tecnologías priorizadas.</i>				
Identificación de capacidades nacionales de fabricación y montaje metalmecánico.	X			
Estructurar modelos de negocios centrados o basados en contratos de fabricación a partir de la demanda identificada.	X			
Estructuración de un programa de formación técnica.		X	X	X

En la Tabla 49 se describen detalladamente las medidas que componen estas líneas estratégicas con sus respectivos actores involucrados, costos, calendario de ejecución, riesgos e indicadores de éxito. Estas líneas estratégicas, conjuntamente, constituyen el plan de acción para la tecnología del horno de crisol autoregenerativo.



Tabla 49 Plan de acción para el horno de crisol autoregenerativo

PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO PARA LAS ACTIVIDADES DE TRASNFERENCIA Y DIFUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA HORNO DE CRISOL AUTOREGENERATIVO.						
Medida/acción	¿Por qué es necesaria?	¿Quién debe realizarla?	¿Cómo debe realizarse?	Calendario de ejecución	Costos	Indicadores de éxito y riesgos
<b>Línea estratégica de acción 1: Asociatividad de pymes, articulación a empresas anclas y modernización tecnológica.</b>						
<i>Garantizar suministros confiables de energéticos de calidad y compatible con la tecnología del horno de crisol a Pymes con dificultades de acceso.</i>	Existen algunas empresas en el sector metalmecánico de Pymes, que utilizan combustibles no convencionales de mala calidad (aceite quemado, madera, llantas y otros), los cuales no son compatibles con las tecnologías de combustión priorizadas. Un cambio tecnológico trae consigo (dependiendo del estado actual de la tecnología) el cambio del energético, y para las Pymes que no cuentan con acceso a este, el proceso de transferencia tecnológica no se puede llevar a cabo. Al garantizar un acceso confiable al energético requerido por la nueva tecnología, esta barrera sería superada.	Distribuidores de energéticos, particularmente de gas natural y gas licuado del petróleo. Secretarías departamentales y municipales (grandes centros urbanos) de productividad y competitividad	Mediante la evaluación de infraestructura de distribución de energético en los cuatro grandes centros urbanos del país. Aprovechar los planes del gobierno para la ampliación de cobertura de los servicios públicos de gas natural Concertación con los distribuidores.	Primer semestre de 2015 al primer semestre de 2016	\$6 mil dólares.	20 Pymes ubicadas en los cuatro grandes centros urbanos del país, con procesos de combustión y calentamiento, con sustitución de combustibles no convencionales por gas natural o G.LP, para utilizar alguna de las tecnologías térmicas priorizados, cuya transferencia se realizará con la implementación de alguna combinación de las acciones anteriormente descritas.  El riesgo está asociado a que no se de una coordinación adecuada de los actores y no exista una institución que lidere el proceso.
<b>Línea estratégica 3: Consolidación de capacidades nacionales para la innovación, fabricación, adaptación y seguimiento en la operación de las tecnologías priorizadas.</b>						
<i>Identificación de capacidades nacionales de fabricación y montaje metalmecánico, en tecnologías de combustión y calentamiento, con recuperación de calor residual y bajas emisiones de NOX,HC y</i>	Fomentar la creación de capacidades de desarrollo e implementación de nuevas tecnologías acordes a las escalas de producción de las Pymes, como también garantizar servicios de posventas, que garanticen la continuidad operativa y disponibilidad de las	MINCOMERCIO. Secretarías Departamentales de Productividad y Competitividad. Empresas Tractoras. Alcaldías. Cámaras de comercio.	Mediante la revisión de bases de datos de las cámaras de comercio y de registros de importación a la aduana.	Primer semestre de 2014 al primer semestre de 2015.	\$20 mil dólares para financiar un estudio de consultoría.	Disponibilidad de una base de datos que contenga un inventario de capacidades nacionales. Número de agentes nacionales desarrollando actividades para coadyuvar a la transferencia de la tecnología  Riesgo: está asociado a un

Primer informe Plan de Acción  
República de Colombia

CO	tecnologías transferidas. Para el horno de crisol existe capacidad nacional de fabricación y ya se ha realizado un proyecto demostrativo.	INNPULSA				mercado en proceso de maduración, que requiere por parte de los proveedores estrategias eficientes de comercialización.
<i>Estructurar modelos de negocios centrados o basados en contratos de fabricación a partir de la demanda identificada.</i>	Facilitaría el desarrollo inicial y/o fortalecimiento de fabricantes nacionales de algunas de las tecnologías priorizadas, en tanto se reducen los costos de producción, stop y almacenamiento. En Colombia ya existe una muy buena infraestructura de fabricación de componentes que requieren la fabricación de las tecnologías en el país, la cual puede ser utilizada si se trabaja por contrato de fabricación y no en serie.	MINCOMERCIO. Secretarías Departamentales de Productividad y Competitividad. Empresas Tractoras. Alcaldías. ESCOs. Proveedores de tecnologías.	Mediante los estudios de mercado que realicen las ESCOs y proveedores de tecnologías. También aprovechar los programas de emprendimiento de base tecnológica que promueve Colciencias, Innpulsa y algunas alcaldías.	Segundo semestre de 2013 al primer a 2018	No aplica, hace parte de la estrategia de negocios de ESCOs, proveedores, financiadores e instituciones de fomento.	40 contratos de fabricación para la transferencia de las tecnologías priorizadas, para proveerse a partir de capacidades nacionales de fabricación y suministro de los componentes requeridos. Riesgo: desmotivación por parte de las empresas con capacidad de fabricación, ante las primeras dificultades que se puedan presentar.
<i>Estructuración de un programa de formación técnica con los siguientes alcances: -Seminarios a través del Sena con la cooperación técnica de grupos de investigación, dirigidos a empresarios. -Programa de formación técnica en eficiencia energética, procesos de combustión y calentamiento y recuperación auto regenerativa y auto recuperativa de calor</i>	Para tener un proceso de transferencia tecnológica exitoso es de gran importancia: -Disponer de recurso humano nivel técnico para garantizar la operación correcta, ajuste requerido y mantenimiento oportuno de las tecnologías transferidas. -Disponer de la información adecuada en temas de sistemas de calentamiento, combustión, eficiencia energética y producción más limpia.	SENA. Grupos de investigación. Proveedores de tecnologías. Fedemetal-ANDI ACOPI. Empresas con proyectos instalados	Mediante la selección de la institución que operará el programa, se procede a: *Definir el mecanismo de articulación con otros actores. *Definir los objetivos y alcances del programa. *Definir y estructurar la componente experimental del programa. *Definir el perfil de los aspirantes y realizar la primera convocatoria.	Desde el primer semestre de 2014 al primer semestre de 2015, recomendando que sea un programa permanente	\$150 mil dólares por programa.	Disponer de un programa de formación técnica y divulgación en sistemas de combustión y calentamiento de alta eficiencia en las sucursales del Sena, situadas en los cuatro grandes centros urbanos. Riesgo: no realización, si no se logra comprometer al Sena en liderar el proyecto.

## **2.3 Plan de acción para la tecnología horno de inducción.**

El análisis de barreras y medidas para el sector metalmeccánico, determinó que la transferencia del horno de inducción electromagnética y la sostenibilidad de su uso en largo plazo dependerá de la aplicación simultánea de las siguientes medidas: capturar los incentivos vigentes en el país, acceder a fuentes de financiación blanda debido a los altos costos de esta tecnología, identificar proyectos de referencia ya instalados para divulgación y verificación de las ventajas comparativas de la tecnología, bajos precios de la electricidad en función del nivel de consumo de las Pymes, disponibilidad en el país de proveedores de la tecnología con capacidad técnica demostrada, en los casos de micro y pequeñas empresas es necesario la asociación en parques industriales para superar problema de escala económica y acceso una tecnología que es estandarizada. También un adecuado servicio de mantenimiento y ajuste en el periodo de vida útil de la tecnología, lo que es una de las principales causas de por qué fracasan los proyectos.

Lo anterior muestra como la estructuración de este plan de acción involucra las acciones propuestas a nivel sectorial, y además otras acciones que deben analizarse de manera particular para llevar a cabo la transferencia del horno de inducción.

### **2.3.1 Objetivos y metas para la difusión y transferencia del horno de inducción.**

En el marco de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono y de las conclusiones, recomendaciones y medidas identificadas en el Estudio de Evaluación de Necesidades Tecnológicas para la Mitigación del Cambio Climático en el sector Metalmeccánico de Pymes, el programa de transferencia y difusión del horno de inducción tiene las siguientes metas:

Para las pymes productoras de materiales ferrosos y ubicadas en los cuatros centros urbanos más importantes, sustituir los hornos cúpula de gran obsolescencia tecnológica y con coque como combustible, caracterizados por ser de baja eficiencia y grandes emisiones de GEI por unidad de producto, por hornos eléctricos de inducción. Esta transferencia se completa con acciones que mejoren también la operación los sistemas periféricos de los procesos y la sensibilización por la aplicación de buenas prácticas de gestión de la energía y ambientales.

Para las pymes pertenecientes al subsector de fusión de no ferrosos y dependiendo de las variaciones anuales de sus volúmenes de producción, se estima que la reducción de GEI se encuentra entre 7.915 y 13.856 Ton CO<sub>2</sub> al año. Esto representa reducciones del 86%, con respecto a las tecnologías instaladas actualmente. Estas reducciones son el resultado del incremento en la eficiencia energética obtenido para el horno de inducción con respecto a los hornos de cúpula, y también al cambio de energético de coque por electricidad.

Se espera que las metas planteadas puedan ser alcanzadas en un periodo de cinco años, para lo cual la se debe realizar la aplicación combinada de las acciones o medidas que se describen en el plan de acción que se presenta a continuación.

### **2.3.2 Barreras y medidas para la difusión del horno de inducción.**

Como se precisó en el numeral 2.1.1, el listado de barreras presentado en la Tabla 45 aplica para la transferencia del horno de inducción, sus especificidades fueron precisadas en el análisis de barreras, parte 2 capítulo 7.

Para la estructuración del plan de acción se planteó un conjunto de medidas que inciden de manera específica en la transferencia del horno de inducción, y que combinadas con las

acciones sectoriales presentadas en la Tabla 46 proporcionan los índices de competitividad y la viabilidad técnico económica que requiere el horno de inducción, para ser transferido y exitosamente en el sector.

Al igual que la tecnología anterior, el listado de medidas consolidado para el horno de inducción es agrupado en las líneas estratégicas 1 y 3 dado que la línea estratégica 2. Además se definen las respectivas etapas de desarrollo del proceso transferencia tecnológica que están siendo impulsadas por cada una de estas medidas (Ver Tabla 50).

**Tabla 50 Medidas identificadas para la tecnología horno de inducción y participación de cada una de estas en las fases de desarrollo del proceso de transferencia tecnológica.**

MEDIDAS IDENTIFICADAS PARA EL HORNO DE INDUCCIÓN	ETAPA DE DESARROLLO DEL PROCESO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA			
	CONCEPCION	DISEÑO	IMPLEMENTACIÓN	OPERACIÓN
<b><i>Línea estratégica de acción 1: Asociatividad de pymes, articulación a empresas anclas y modernización tecnológica.</i></b>				
Concertar con la Comisión de Regulación de Electricidad y Gas, así mismo con los distribuidores y comercializadores de energéticos, modificaciones regulatorias para estimular el incremento de la eficiencia energética en Pymes.	X			X
Estructurar un programa para identificar, visualizar y evaluar técnica y económicamente proyectos de referencia existentes en el país, que ya usen las tecnologías priorizadas.	X	X	X	X
Garantizar suministros confiables de energéticos a Pymes con dificultades de acceso.			X	
<b><i>Línea estratégica 3: Consolidación de capacidades nacionales para la innovación, fabricación, adaptación y seguimiento en la operación de las tecnologías priorizadas.</i></b>				
Identificación de capacidades nacionales de fabricación y montaje metalmecánico.	X			
Estructuración de un programa de formación técnica.		X	X	X

En la Tabla 51 se describen detalladamente las medidas que componen estas líneas estratégicas con sus respectivos actores involucrados, costos, calendario de ejecución, riesgos e indicadores de éxito. Estas líneas estratégicas, conjuntamente, constituyen el plan de acción para la tecnología del horno de inducción.

Tabla 51 Plan de acción para el horno de inducción.

PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO PARA LAS ACTIVIDADES DE TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA HORNO DE INDUCCIÓN.						
Medida/acción	¿Por qué es necesaria?	¿Quién debe realizarla?	¿Cómo debe realizarse?	Calendario de ejecución	Costos	Indicadores de éxito y riesgos
<b>Línea estratégica de acción 1: Asociatividad de pymes, articulación a empresas anclas y modernización tecnológica.</b>						
<i>Concertar con la Comisión de Regulación de Electricidad y Gas, así mismo con los distribuidores y comercializadores de electricidad, modificaciones regulatorias para estimular la modernización con tecnologías de alta eficiencia energética en Pymes con procesos de calentamiento electromagnético.</i>	Una de las bondades del incremento de la eficiencia energética son los ahorros que se tienen en energía, por lo que es importante que a quienes estén interesados en la implementación de estas no se les penalice con el incremento del precio del energético, cuando los consumos se reduzcan.	CREG UPME Distribuidores de electricidad.	A partir de un estudio de consultoría estructurar un sistema tarifario especial para las pymes comprometidas con las estrategias de desarrollo de bajo carbono.	Segundo semestre de 2014 al primer semestre de 2015.	\$30 mil dólares para el estudio de consultoría.	Expedición de un sistema tarifario especial para Pymes con altos consumos de electricidad en procesos de calentamiento, comprometidas con la estrategia Colombiana de desarrollo bajo en carbono. Riesgo: la no concertación con la CREG para la expedición del sistema tarifario diseñado.
<i>Estructurar un programa para identificar, visualizar y evaluar técnico económicamente proyectos de referencia existentes en el país, que ya usando el horno de inducción en procesos de fusión de materiales ferrosos.</i>	La identificación de proyectos en funcionamiento y en los que se puedan comprobar objetivamente la ventajas comparativas en eficiencia energética, productividad y reducción de gases de efecto invernadero, permitiría examinar cuales han sido las causas de su débil divulgación e implementación, así mismo pueden ser utilizados como proyectos demostrativos. Hay indicios de que esta situación sea la del horno de inducción en Colombia.	Grupos de Investigación. ESCOs. Empresas con proyectos instalados. Proveedores de las tecnologías instaladas MADS.	Mediante la realización de un estudio de identificación y evaluación integral de proyectos de referencia instalados en Colombia. Esto mediante la utilización de las bases de datos y registros de las cámaras de comercio, proveedores de tecnologías y registros de aduana.	Primer semestre de 2014 al primer semestre de 2015	\$20 mil dólares para el estudio.	Número de proyectos instalados e identificación de sus respectivas características técnicas. Verificación de existencia o no de ventajas comparativas. Identificación de porque la tecnología no tiene un mayor grado de penetración y divulgación. Riesgo: está asociado a la falta de fuentes de información precisa y confiable, así como su dispersión.
<i>Garantizar suministros confiables de energía</i>	La confiabilidad en el suministro de energía eléctrica a procesos de	Distribuidores de energía eléctrica,	Mediante la evaluación de	Primer semestre de 2015 al primer	\$6 mil dólares.	30 Pymes ubicadas en los cuatro grandes

Primer informe Plan de Acción  
República de Colombia

<p><i>eléctrica a Pymes, con altos índice de calidad y niveles de tensión adecuados que reduzcan el costo del kWh y disminuyan los costos de inversión en equipos de regulación de voltaje.</i></p>	<p>calentamiento electromagnético, como la fusión por inducción, es determinante por la condición no interrumpible del procesos. También se requiere de estabilidad en frecuencia y voltaje, para garantizar la calidad del calentamiento. De otra parte, según la estructura tarifaria vigente en Colombia, el incremento en la tensión a la que se alimenta la corriente eléctrica, incide en la disminución de los costos de la electricidad.</p>	<p>Secretaria departamentales y municipales ( de grandes centros urbanos) de productividad y competitividad</p>	<p>infraestructura de distribución de energético en los cuatro grandes centros urbanos del país. Aprovechar los planes del gobierno para la ampliación de cobertura de los servicios públicos de electricidad y gas. Concertación con los distribuidores.</p>	<p>semestre de 2016</p>	<p>centros urbanos del país, que sustituyan hornos de cúpula por hornos de inducción El riesgo está asociado a que no se de una coordinación adecuada de los actores y no exista una institución que lidere los procesos involucrados.</p>
<p><b><i>Línea estratégica 3: Consolidación de capacidades nacionales para la innovación, fabricación, adaptación y seguimiento en la operación de las tecnologías priorizadas.</i></b></p>					
<p><i>Identificación de capacidades nacionales de fabricación y montaje metalmecánico.</i></p>	<p>Fomentar la creación de capacidades de desarrollo e implementación de nuevas tecnologías de calentamiento electromagnético, acordes a las escalas de producción de las Pymes, como también garantizar servicios de posventas, que garanticen la continuidad operativa y disponibilidad de las tecnologías transferidas.</p>	<p>MINCOMERCIO. Secretarías Departamentales de Productividad y Competitividad. Empresas Tractoras. Alcaldías. Cámaras de comercio.</p>	<p>Mediante la revisión de bases de datos de las cámara de comercio y de registros de importación a la aduana.</p>	<p>Primer semestre de 2014 al primer semestre de 2015</p>	<p>\$20 mil dólares para financiar un estudio de consultoría. Disponibilidad de una base de datos del inventario de capacidades nacionales. Número de agentes nacionales desarrollando actividades para coadyuvar a la transferencia de la tecnología Riesgo: está asociado a un mercado en proceso de maduración, que requiere por parte de los proveedores estrategias eficientes de comercialización.</p>
<p><i>Estructuración de un programa de formación técnica con los siguientes alcances: -Seminarios a través del Sena con la cooperación técnica de grupos de investigación, dirigidos a empresarios. -Programa de formación</i></p>	<p>Para tener un proceso de transferencia tecnológica exitoso es de gran importancia: -Disponer de recurso humano nivel técnico para garantizar la operación correcta, ajuste requerido y mantenimiento oportuno del horno de inducción. -Disponer de la información</p>	<p>SENA. Grupos de investigación. Proveedores de tecnologías. Fedemetal-ANDI. ACOPI. Empresas con proyectos</p>	<p>Mediante la selección de la institución que operará el programa, se procede a: *Definir el mecanismo de articulación con otros actores. *Definir los objetivos</p>	<p>Desde el primer semestre de 2014 al primer semestre de 2015, recomendando que sea un programa permanente</p>	<p>\$300 mil dólares por programa. Disponer de un programa de formación técnica en calentamiento electromagnético y de divulgación, en las sucursales del Sena, situadas en los cuatro grandes centros</p>

Primer informe Plan de Acción  
República de Colombia

<i>técnica en eficiencia energética y procesos de generación electromagnética de calor.</i>	adecuada en temas de sistemas de calentamiento, electromagnético, eficiencia energética y requerimientos de calidad de la energía eléctrica para este tipo de proceso.	instalados.	y alcances del programa. *Definir y estructurar la componente experimental del programa. *Definir el perfil de los aspirantes y realizar la primera convocatoria.	urbanos. Riesgo: no realización, si no se logra comprometer al Sena para liderar el proyecto.
---	--	-------------	---	--

## **2.4 Plan de acción para la tecnología quemadores autoregenerativos y autorecuperativos.**

El análisis de barreras y medidas para el sector metalmecánico, determinó que la transferencia de los quemadores autoregenerativos y autorecuperativos, y la sostenibilidad de su uso en largo plazo dependerá de la aplicación simultánea de las siguientes medidas: capturar los incentivos vigentes en el país, disponibilidad en el país de proveedores de la tecnología con capacidad técnica demostrada, realizar proyectos demostrativos para divulgación y verificación de las ventajas comparativas de la tecnología, programas de divulgación en el sector, identificación y caracterización de los procesos de calentamiento y en algunos casos asociatividad de Pymes en parques industriales para superar problema de escala económica. También un adecuado servicio de mantenimiento y ajuste en el periodo de vida útil de la tecnología.

Lo anterior muestra como la estructuración de este plan de acción involucra las acciones propuestas a nivel sectorial, y además otras acciones que deben analizarse de manera particular para llevar a cabo la transferencia de los quemadores autoregenerativos y autorecuperativos.

### **2.4.1 Objetivos y metas para la difusión y transferencia de los quemadores autoregenerativos y autorecuperativos.**

En el marco de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono y de las conclusiones, recomendaciones y medidas identificadas en el Estudio de Evaluación de Necesidades Tecnológicas para la Mitigación del Cambio Climático en el sector Metalmecánico de Pymes, el programa de transferencia y difusión de los quemadores autoregenerativos y autorecuperativos, tiene las siguientes metas:

Para las pymes con procesos de tratamiento térmico y forjado, ubicadas en los cuatros centros urbanos más importantes, sustituir los quemadores actuales de gran obsolescencia tecnológica, baja eficiencia y grandes emisiones de GEI por unidad de producto, por quemadores auto recuperativo y auto-regenerativo. Esta transferencia se complementa con acciones que mejoren también la operación los sistemas periféricos de los procesos y la sensibilización por la aplicación de buenas prácticas de gestión de la energía y ambientales.

Para las pymes pertenecientes al subsectores de tratamientos térmicos y forjado y dependiendo de las variaciones anuales de sus volúmenes de producción, se estima que la reducción de GEI se encuentra entre 5.377 y 8.826 Ton CO<sub>2</sub> al año. Esto representa reducciones del 57%, con respecto a las tecnologías instaladas actualmente. También se obtienen ahorros en el consumo de combustible de 57% aproximadamente, esto como resultado del incremento en la eficiencia energética obtenido con la tecnología sustituta.

Se espera que las metas planteadas puedan ser alcanzadas en un periodo de cinco años, para lo cual la se debe realizar la aplicación combinada de las acciones o medidas que se describen en el plan de acción que se presenta a continuación.

### **2.4.2 Barreras y medidas para la difusión de los quemadores autoregenerativos y autorecuperativos.**

Como se precisó en el numeral 2.1.1, el listado de barreras presentado en la Tabla 45 aplica para la transferencia de los quemadores autoregenerativos y autorecuperativos, sus especificidades fueron precisadas en el análisis de barreras, parte 2 capítulo 7.



Para la estructuración del plan de acción se planteó un conjunto de medidas que inciden de manera específica en la transferencia de los quemadores autoregenerativos y autorecuperativos, y que combinadas con las acciones sectoriales presentadas en la Tabla 46 proporcionan los índices de competitividad y la viabilidad técnico económica que requieren los quemadores autoregenerativos y autorecuperativos., para ser transferidos y exitosamente en el sector.

Al igual que la tecnología anterior, el listado de medidas consolidado para los quemadores autoregenerativos y autorecuperativos, es agrupado en las líneas estratégicas 1 y 3 dado que la línea estratégica 2. Además se definen las respectivas etapas de desarrollo del proceso transferencia tecnológica que están siendo impulsadas por cada una de estas medidas (Ver Tabla 52).

**Tabla 52 Medidas identificadas para los quemadores autoregenerativos y autorecuperativos y participación de cada una de estas en las fases de desarrollo del proceso de transferencia tecnológica.**

MEDIDAS IDENTIFICADAS PARA PARA LOS QUEMADORES AUTOREGENERATIVOS Y AUTORECUPERATIVOS	ETAPA DE DESARROLLO DEL PROCESO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA			
	CONCEPCION	DISEÑO	IMPLEMENTACIÓN	OPERACIÓN
<b><i>Línea estratégica de acción 1: Asociatividad de pymes, articulación a empresas anclas y modernización tecnológica.</i></b>				
Garantizar suministros confiables de energéticos a Pymes con dificultades de acceso.			X	
<b><i>Línea estratégica 3: Consolidación de capacidades nacionales para la innovación, fabricación, adaptación y seguimiento en la operación de las tecnologías priorizadas.</i></b>				
Identificación de capacidades nacionales de fabricación y montaje metalmecánico.	X			
Estructuración de un programa de formación técnica.		X	X	X

En la Tabla 53 se describen detalladamente las medidas que componen estas líneas estratégicas con sus respectivos actores involucrados, costos, calendario de ejecución, riesgos e indicadores de éxito. Estas líneas estratégicas, conjuntamente, constituyen el plan de acción para la tecnología quemadores autoregenerativos y autorecuperativos.

Tabla 53 Plan de acción para los quemadores autoregenerativos y autorecuperativos.

PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICO PARA LAS ACTIVIDADES DE TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA QUEMADORES AUTOREGENERATIVOS Y AUTORECUPERATIVOS.						
Medida/acción	¿Por qué es necesaria?	¿Quién debe realizarla?	¿Cómo debe realizarse?	Calendario de ejecución	Costos	Indicadores de éxito y riesgos
<b>Línea estratégica de acción 1: Asociatividad de pymes, articulación a empresas anclas y modernización tecnológica.</b>						
<i>Garantizar suministros confiables de energéticos de calidad a Pymes con dificultades de acceso. También Identificación y caracterización de los procesos de calentamiento en los que se aplican combustibles de mala calidad en procesos de tratamientos térmicos, forja y galvanizado en caliente</i>	Existen algunas empresas en el sector metalmecánico de Pymes, que utilizan combustibles no convencionales de mala calidad (aceite quemado, madera, llantas y otros), los cuales no son compatibles con este tipo quemadores. Un cambio tecnológico trae consigo (dependiendo del estado actual de la tecnología) el cambio del energético, y para las Pymes que no cuentan con acceso a redes de gas natural, el proceso de transferencia tecnológica no se puede llevar a cabo. Al garantizar un acceso confiable al energético requerido por la nueva tecnología, esta barrera sería superada.	Distribuidores de energéticos, particularmente de gas natural y gas licuado del petróleo. Secretaria departamentales y municipales (grandes centros urbanos) de productividad y competitividad	Mediante la evaluación de infraestructura de distribución de gas natural y G.LP en los cuatro grandes centros urbanos del país. Así mismo la identificación de pymes que utilizan combustibles de mala calidad y quemadores convencionales. Aprovechar los planes del gobierno para la ampliación de cobertura del servicio público de gas natural. Concertación con los distribuidores de gas natural y G.LP	Primer semestre de 2015 al primer semestre de 2016	\$6 mil dólares, para el estudio de identificación y evaluación de las PYMES que utilizan combustibles de mala calidad y quemadores convencionales	20 Pymes ubicadas en los cuatro grandes centros urbanos del país, con procesos de combustión y calentamiento, aplicados en tratamientos térmicos, forja y galvanizado en calientes, en las cuales se cambien los quemadores convencionales por autorecuperativos o autoregenerativos, sustituyéndose también combustibles de mala calidad por gas natural o G.L.P. El riesgo está asociado a que no se de una coordinación adecuada de los actores y no exista una institución que lidere los procesos involucrados.
<b>Línea estratégica 3: Consolidación de capacidades nacionales para la innovación, fabricación, adaptación y seguimiento en la operación de las tecnologías priorizadas.</b>						
<i>Identificación de capacidades nacionales de fabricación y montaje metalmecánico.</i>	La aplicación de estos quemadores se realiza en hornos o cámaras de combustión ya instaladas, que utilizan quemadores convencionales, por lo que es necesario adaptaciones y reparaciones, que exigen fabricación de componentes, reparación y ajustes a de la operación con los nuevos	MINCOMERCIO. Secretarías Departamentales de Productividad y Competitividad. Empresas Tractoras. Alcaldías. Cámaras de comercio.	Mediante la revisión de bases de datos de las cámara de comercio y de registros de importación a la aduana.	Primer semestre de 2014 al primer semestre de 2015	\$10 mil dólares para financiar un estudio de consultoría.	Disponibilidad de una base de datos del inventario de capacidades nacionales. Número de agentes nacionales desarrollando actividades para coadyuvar la transferencia de la tecnología. Riesgo: está asociado a un mercado en proceso de maduración, que requiere por parte de los proveedores

Primer informe Plan de Acción  
República de Colombia

	quemadores.					estrategias eficientes de comercialización.
<i>Estructuración de un programa de formación técnica con los siguientes alcances: -Seminarios a través del Sena con la cooperación técnica de grupos de investigación, dirigidos a empresarios. -Programa de formación técnica en, tecnología combustión y calentamiento, utilizados en procesos de tratamientos térmicos, forja y galvanizado en caliente, los cuales requieren de recuperación de calor para aumentar la eficiencia energética.</i>	Para tener un proceso de transferencia tecnológica exitoso es de gran importancia: -Disponer de recurso humano nivel técnico para garantizar la operación correcta, ajuste requerido en los hornos y mantenimiento oportuno de los quemadores -Disponer de la información adecuada en temas de sistemas de calentamiento, combustión, eficiencia energética y producción más limpia.	SENA. Grupos de investigación. Proveedores de tecnologías. Fedemetal-ANDI ACOPI. Empresas con proyectos instalados	Mediante la selección de la institución que operará el programa, se procede a: *Definir el mecanismo de articulación con otros actores. *Definir los objetivos y alcances del programa. *Definir y estructurar la componente experimental del programa. *Definir el perfil de los aspirantes y realizar la primera convocatoria.	Desde el primer semestre de 2014 al primer semestre de 2015, recomendando que sea un programa permanente	\$300 mil dólares por programa.	Disponer de un programa de formación técnica y divulgación en el tema de quemadores autorecuperativos y sistema de recuperación calor ,en las sucursales del Sena, situadas en los cuatro grandes centros urbanos. Riesgo: no realización, si no se logra comprometer al Sena en liderar el proyecto.

## 2.5 Consideraciones generales.

### Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

A manera de resumen a en la Tabla 54 se presentan las reducciones de GEI que se estima, puedan ser alcanzadas, con la transferencia de las tecnologías priorizadas, para las pymes pertenecientes a los subsectores con procesos de fusión de materiales no ferrosos, materiales ferrosos, tratamientos térmicos, forjado y galvanizado en caliente.

**Tabla 54 Reducción de GEI por subsectores del sector metalmecánico con procesos de alta temperatura, a nivel de pymes.**

TECNOLOGÍA PRIORIZADA	SUBSECTOR	REDUCCIÓN DE GEI (Ton CO <sub>2</sub> /año)	% AHORRO DE COMBUSTIBLE
<i>Horno de crisol autoregenerativo.</i>	Fusión de materiales no ferrosos.	2.246 y 5.617	62.5
<i>Horno de inducción</i>	Fusión de materiales ferrosos.	7.915 - 13.856	N/A
<i>Quemadores autoregenerativos y autorecuperativos.</i>	Tratamientos térmicos, forjado y galvanizado.	5.377 y 8.826	57

Las reducciones de GEI estimadas en el caso de las tecnologías horno de crisol autoregenerativo y quemadores, resultan principalmente por el incremento de la eficiencia energética. En algunos casos también, por el cambio de combustibles líquidos a gas natural. Para el horno de inducción, las reducciones de GEI, no solo son el resultado del incremento en la eficiencia energética, sino además del cambio de energético, al pasar de coque a electricidad.

Las estimaciones en la reducción de GEI, se ha reportado entre un intervalo, dado que los volúmenes de producción en las pymes presentan variabilidad debido a la diversidad de tamaños de escala. En las estimaciones se consideraron dos valores promedio entre los diferentes niveles de producción.

### Programas y mecanismos de financiación.

En relación con las medidas que requieren montos considerables para su financiación, se estima que una adecuada combinación para acceder a fuentes nacionales y de cooperación internacional, minimizaría las incertidumbres al respecto. En este contexto, actualmente el país dispone de programas y mecanismos de financiación robustos y en muchos casos no reembolsables, por lo que es de gran interés el examen y la formulación de proyectos para presentar a COLCIENCIAS, Fondo de Regalías para la Ciencia y Tecnología, Resolución 0186 de 2012, Innpulsa y Bancóldex.

### Riesgos.

En el análisis de los indicadores de riesgo de no implementación, fracaso o demoras de ejecución de las medidas propuestas, se ha identificado el tema de la coordinación y concertación de los actores que participan en la respectiva medida. Por esto, no obstante la diversidad de actores, es conveniente que exista una entidad coordinadora de este plan y se disponga de los instrumentos necesarios para convocar, asignar roles, evaluar y enlazar con las instituciones de cooperación internacional. Dado el compromiso en la estructuración, aplicación y seguimiento que el MADS tiene en el programa nacional de desarrollo bajo en carbono, es esta institución del estado la llamada realizar la función descrita.

## Capítulo 3. Plan de acción para las tecnologías del sector ladrillero

Retomando las conclusiones y recomendaciones del informe de análisis de barreras, se encuentra que para el sector ladrillero la principal barrera a superar es la cultura y la resistencia al cambio. El sector ladrillero es caracterizado por el alto grado de obsolescencia tecnológica que presentan los hornos de cocción, con altos índices de emisión de material contaminante y ausencia del control del proceso. La elaboración del ladrillo ha permanecido sin cambios en los últimos decenios, predominando la elaboración manual del ladrillo y la poca disposición a cambiar la manera de trabajar y explotar el mineral por parte de los pequeños productores. El sector también se caracteriza porque son los productores mismos, de acuerdo a su experiencia y conocimientos, quienes construyen, instalan y operan de manera empírica los hornos con materiales e insumos locales. Son hornos que se adaptan a su escala de producción, por lo que oferta de los proveedores de tecnología en este sector es limitada.

Dado que todas las tecnologías priorizadas para el sector están enfocadas al proceso de cocción del ladrillo, esto es, todas buscan mejorar e incrementar la eficiencia del proceso, reducir el número de pérdidas, reducir la emisión de gases de efecto invernadero y reducir el consumo de carbón. Las medidas seleccionadas para superar las barreras en el proceso de transferencia y difusión de las tecnologías son transversales para las tres tecnologías priorizadas. Todas presentan los mismos inconvenientes para su transferencia, adaptación y difusión. En consecuencia, en el plan de acción se proponen y justifican las líneas estratégicas y las medidas para el sector en general, y no para las tecnologías en específico. Precizando, claro está, el grado de prioridad que debe tener la medida para cada tecnología, ya que la relevancia de una medida puede ser mayor en una tecnología que en la otra.

En el plan de acción se proponen las acciones y medidas para superar o limitar el efecto de las barreras e inconvenientes mencionados anteriormente en la transferencia de las tecnologías. También se proponen las entidades que deben ejecutar las medidas, así como la identificación de indicadores de éxito y de riesgo. Para ello, se han propuesto doce medidas con sus respectivos actores, costos e indicadores las cuales fueron agrupadas en las siguientes 4 líneas estratégicas de acción: (1) Asociatividad para la competitividad y mercado de las pequeñas y medianas ladrilleras. (2) Mecanismos de Financiación y planteamiento de proyectos de reconversión tecnológica. (3) Consolidación de capacidades nacionales para la innovación, fabricación, adaptación de nuevas tecnologías. (4) Programa de capacitación y formación de talento humano para el sector ladrillero.

De acuerdo con los resultados del estudio de la CAEM, para efecto de garantizar la implementación exitosa del paquete tecnológico propuesto que incluye Buenas prácticas operativas energéticas (BPOE), Gestión energética, reconversión tecnológica las propuestas tecnológicas de eficiencia energética y la reducción de impacto ambiental en GEI, se requiere impulsar programas de innovación, transferencia y adaptación tecnológica para la eficiencia energética y mitigación al cambio climático con el objetivo de aumentar el conocimiento del sector empresarial, del sector público y de las organizaciones relevantes de la sociedad civil sobre las ventajas y beneficios que se pueden generar mediante la inversión en proyectos de eficiencia energética y mitigación de cambio climático; como también fortalecer los agentes del mercado, demanda, oferta y financiamiento mediante la capacitación a técnicos, consultores, especialistas, proveedores de estos equipos, ESCOS y centros de formación superior en las tecnologías propuestas, en eficiencia energética y en mitigación al cambio climático y desarrollar el mercado del paquete tecnológico propuesto mediante la realización de proyectos piloto demostrativos.

### 3.1 Objetivos y metas para la transferencia y difusión de las tecnologías del sector ladrillero.

Con base en las conclusiones, recomendaciones y medidas identificadas en el Estudio de Evaluaciones de Necesidades Tecnológica para la Mitigación del Cambio Climático en el sector ladrillero de baja y mediana capacidad, por medio del programa de transferencia y difusión de las tecnologías priorizadas, y teniendo en cuenta la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono; que es una iniciativa de planeación, que permitirá al país identificar medidas y proyectos con el potencial de mitigación de gases efecto invernadero (GEI) sin afectar el crecimiento a largo plazo de la economía colombiana, el programa de transferencia y difusión de las tecnologías priorizadas, tiene las siguientes metas:

De acuerdo al diagnóstico energético y tecnológico en el sector Cerámico-Ladrillero en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Norte de Santander, por el Convenio MADS-CAEM de 2012 [31], se estableció que el consumo de carbón en las empresas diagnosticadas es de 1237.15 TJ /año (295.58 Tcal/año). El estudio realizado representa, desde el punto de vista del consumo energético, cerca de un tercio del consumo sectorial a nivel nacional (28.4%), por lo que el consumo de carbón a nivel nacional en el sector es de 4356.16 TJ /año. Lo anterior equivale a una emisión total de 397.4 Kilo toneladas de CO<sub>2</sub>/año para el sector.

Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero un 20% en las unidades productoras que posean hornos de cocción tipo fuego dormido, árabe o pampa, colmena o Hoffman, con capacidad de producción promedio de 45000 unidades al mes (189 ton /mes). El volumen de producción está establecido en el informe del PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LADRILLERAS ARTESANALES DE AMERICA LATINA PARA MITIGAR EL CAMBIO CLIMATICO - EELA [14]. Del informe, también se sugiere que para definir el tipo de tecnología de horno apropiada para la reconversión de las ladrilleras artesanales, la ingeniería básica y la supervisión del montaje, el volumen de producción objetivo se debe delimitar a un rango de 40.000 y 520.000 unidades año, que equivale al 70% de los productores de ladrillo de la región.

La reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero se va a lograr por medio del aumento en la eficiencia energética en el proceso de cocción del ladrillo. Teniendo en cuenta que la selección de la tecnología a transferir depende de factores como: la capacidad de producción, el tamaño de la empresa, la ubicación y proyección de producción, así como de un buen programa de gestión y mantenimiento del sistema. El aumento de la eficiencia energética de cada una de las tecnologías priorizadas se debe establecer es con base a las condiciones actuales de tecnología y producción de las ladrilleras. Sin embargo, se proyecta que haya un incremento de la eficiencia entre 12% y 29% por la implementación exitosa de las tecnologías priorizadas; horno MK2, Horno Vertical y sistema de aire forzado. También se espera un aumento en la competitividad de la empresa, referente a la reducción en los costos de producción.

Capacitar al personal operativo y administrativo por medio de seminarios y programas de capacitación dictados por el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) en los conceptos básicos de combustión y buenas prácticas de operación de los hornos de cocción, recalcando en la importancia de la eficiencia energética como variable de competitividad y sostenibilidad. Se busca capacitar por lo menos a dos persona por unidad productiva en cada región. El control adecuado de la combustión durante la cocción del ladrillo y el buen estado de las paredes del horno, son determinante para la eficiencia energética y en la calidad del producto.

Fortalecer el gremio del ladrillo mediante la estandarización de productos: peso, dimensiones, propiedades mecánicas y porosidad. También mediante la creación de una marca de producto por agremiación o por región para asimilar los beneficios de la economía de escala y poder competir con las grandes ladrilleras, en el mercado nacional e internacional. Crear un clúster de ladrillo, -Inicialmente en

la región central- que promueva las ventajas estructurales, arquitectónicas del ladrillo como material de construcción, que cree medios de enlace y asesoría entre las constructoras y los productores durante las negociaciones, y que facilite la comunicación entre los proveedores de tecnología y los productores. Como efecto secundario del fortalecimiento del sector, es la legalización y formalización de las empresas.

Mejorar las condiciones de salud ocupacional de los operarios por reducción de material particulado y polvillo de carbón en el área de trabajo y exposición prolongada a espacios a alta temperatura. Durante la ejecución de cada proyecto de transferencia y en cada proyecto de demostración de tecnología, se incluirá un componente de salud y seguridad ocupacional para el personal operativo; donde se muestren las características de los elementos mínimos de seguridad y protección que debe tener el personal operativo, así como el uso adecuado de los mismos. También se les indicará las consecuencias físicas (en la salud de la persona) y los efectos en la productividad de la empresa a mediano y largo plazo por motivo de incapacidades y accidentes laborales.

En la Tabla 55 se listan las barreras y medidas que fueron consolidadas a partir de los resultados obtenidos en el análisis de barreras.

**Tabla 55 Barreras y medidas identificadas en el sector ladrillero**

<b>BARRERAS IDENTIFICADAS PARA EL SECTOR METALMECÁNICO</b>
<b><i>Barreras económicas y financieras.</i></b>
Altos costos de modificación e implementación de la tecnología.
Costos de capital y alternativas de financiación.
Uso del tiempo de retorno de inversión como criterio económico decisión, hay miedo a asumir riesgos.
Uso del tiempo de retorno de inversión como criterio económico decisión, hay miedo a asumir riesgos.
<b>Fallas en el Mercado</b>
Restricciones en el tamaño de la demanda.
Fortalecimiento del mercado de eficiencia energética en el país.
Carencia de programas demostrativos que venzan el escepticismo tecnológico y cultural.
<b>Capacidad institucional y organizativa.</b>
La mayoría de las empresas son Pymes con débil grado de integración y capacidad de innovación.
Alto grado de informalidad de los productores del sector.
<b>Habilidades humanas</b>
Falta de personal calificado para la instalación, operación y mantenimiento de las tecnologías de mitigación del cambio climático. Débil formación de personal en eficiencia energética, producción limpia y efecto invernadero.
<b>Información y sensibilización.</b>
Desconocimiento de las tecnologías por inadecuada información.
<b>Técnicas</b>
Tecnología no adaptable a la escala productiva de las Pymes.
Falta de proveedores nacionales, disponibilidad limitada de piezas de repuesto.
Incertidumbre en la calidad del Carbón
<b>MEDIDAS IDENTIFICADAS PARA EL SECTOR METALMECÁNICO</b>
<b><i>Medidas económicas y financieras.</i></b>
Exención del IVA
Estructurar los proyectos para facilitar el acceso a créditos de innovación a largo plazo y proyectos con riesgo tecnológico compartido.
Proyecto de análisis de los efectos positivos y negativos por la inclusión los beneficios económicos y sociales como criterios de decisión y no solo lo financieros en la evaluación de los proyectos de renovación y reconversión tecnológica.
Buscar nuevas líneas de financiamiento por medio de contratos tipo ESCO orientado a medianos productores.
Estructurar medidas para bajar tasas de interés y aumentar los plazos de financiación.
<b>Medidas para resolver problemas de mercado.</b>
Identificación de capacidades nacionales de fabricación y montaje de hornos de cocción de ladrillo.
Creación de un modelo de asociación adecuado a la tradición cultural de los productores de ladrillo.
<b>Medidas para estimular proyectos piloto demostrativos.</b>
Desarrollo, evaluación y demostración de tecnologías eficientes adaptable a la escala económica de las ladrilleras.
Desarrollo de proyectos demostrativos pilotos de las tecnologías eficientes disponibles comercialmente.
<b>Medidas para la divulgación de información técnica</b>

Estructuración de seminarios con la cooperación técnica de grupos de investigación, dirigidos a empresarios, técnicos operarios de las ladrilleras, a los técnicos en formación, en tecnologías de combustión y calentamiento con alta eficiencia.
<b>Medidas de sensibilización a entidades gubernamentales y de cooperación internacional.</b>
Coordinar las políticas públicas que estimulan la reducción de gases de efecto invernadero con los programa de cooperación internacional existentes.
<b>Medidas para la superación de barreras técnicas</b>
Desarrollo de proveedores, para mejorar el seguimiento y asesoría por parte del proveedor hacia el empresario del ladrillo.

### 3.2 Plan de acción para las tecnologías del sector ladrillero.

La importancia y justificación de las medidas seleccionadas para superar las barreras en el proceso de transferencia y difusión de las tecnologías son transversales para las tres tecnologías priorizadas, por lo que en el plan de acción las justificaciones serán generales para el sector. Precizando, claro está, lo que sea específico para cada tecnología si es del caso, los costos de implementación, prioridad, tiempo de ejecución, entre otros.

En la parte 2 capítulo 8 de Análisis de barreras, se definieron las rutas críticas que podrían dificultar la transferencia de la tecnología en el sector. Las barreras se clasificaron para cada una de las tecnologías entre las categorías: crucial, importante, poco importante e insignificante, y a cada una de estas se le asociaron las respectivas medidas para su superación (Ver parte 2 capítulo 8 de Análisis de barreras). Esta articulación entre barreras y medidas permitió definir el grado de prioridad de cada una de las medidas, el cual varía de una tecnología a otra y tiene gran relación con la jerarquía en la que se categorizó la barrera que se espera superar, tal como se presenta en la Tabla 56.

Tabla 56 Articulación de barreras y medidas.

Jerarquía Barreras	Grado de prioridad	Medidas
<b>Crucial</b>	Alto	<b>A</b>
<b>Importante</b>	Medio	<b>M</b>
<b>Poco importante</b>	Bajo	<b>B</b>
<b>Insignificante</b>	Insignificante	<b>I</b>

Para el planteamiento y estructuración del plan de acción en el sector ladrillero, se han establecido cuatro líneas estratégicas donde se agrupa el conjunto de medidas propuestas. La ejecución de estas líneas estratégicas tiene el objetivo de superar las barreras identificadas en cada una de las fases de introducción de la tecnología –fases CDIO-. Las cuatro líneas estratégicas son: (1) Asociatividad para la competitividad y mercado de las pequeñas y medianas ladrilleras. (2) Mecanismos de Financiación y planteamiento de proyectos de reconversión tecnológica. (3) Consolidación de capacidades nacionales para la innovación, fabricación, adaptación de nuevas tecnologías. (4) Programa de capacitación y formación de talento humano para el sector ladrillero. En la Tabla 62 se presentan las medidas que componen cada línea estratégica, así como el actor que debe ejecutarla, los indicadores de éxito y riesgo, el tiempo y costo estimado de ejecución.

La justificación de cada una de las líneas estratégicas de acción planteadas son las siguientes:

#### ***Línea estratégica de acción 1: Mecanismos de financiación y planteamiento de proyectos de reconversión tecnológica.***

Las pequeñas y medianas ladrilleras presentan dificultades para el acceso a crédito, tienen poca capacidad económica para realizar reconversiones tecnológicas y en general desconocen cuáles son las entidades que ofrecen ayuda, asesoría y créditos. Tampoco conocen cuáles son los requisitos y procedimientos que se deben cumplir para presentar proyectos de reconversión tecnológica y eficiencia energética.



Con el desarrollo del proyecto de Evaluación de Necesidades Tecnológicas, se logró identificar la existencia en el país de diferentes mecanismos de financiación, así como sus alcances y requisitos de acceso. Entre los mecanismos de financiación más destacados se tienen los siguientes: Convocatoria de Cofinanciación de Colciencias, Resolución 0186 del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Fondo de Ciencia y Tecnología para el desarrollo de las regiones. Es importante precisar que la existencia de estos instrumentos o mecanismos de financiación no garantiza su uso por parte de las pymes, es por esto que se requieren acciones complementarias para su divulgación y para estimular actores que se especialicen en la estructuración, presentación y acompañamiento a pymes en la estructuración de este tipo de proyectos.

La línea estratégica de mecanismos de financiación y planteamiento de proyectos de reconversión tecnológica, busca crear herramientas para aprovechar los incentivos públicos y privados ya existentes para la financiación y asesoría de proyectos de inversión, reconversión tecnológica y uso eficiente de la energía en los hornos de cocción en las ladrilleras. Se pretende compilar en un solo sitio o entidad, mediante una base de datos, todos los programas de financiación y asesoría existentes, tanto nacionales como internacionales, que sean factibles de aplicar para el sector ladrillero. Esta base de datos se debe estar actualizando constantemente, reportando novedades en las convocatorias. De esta manera, se concentra en un solo punto toda la oferta disponible de entidades de cooperación, programas de financiación, requisitos y condiciones exigidas. La segunda etapa de la línea estratégica es la formulación y planteamiento de los proyectos de reconversión tecnológica.

La empresa ladrillera que busque financiar un proyecto de reconversión tecnológica solo se debe dirigir a la entidad encargada de la administración de la base de datos, y bajo su asesoría, consultar de acuerdo al perfil de la empresa, cuál es el tipo de crédito, entidad y requerimientos que mejor se adecuan a sus necesidades. Luego de ser identificada la línea de financiación adecuada, la entidad procede con la asesoría en la formulación y presentación de la solicitud para la ejecución del o de los proyectos de reconversión tecnológica.

La entidad encargada de administrar y mantener actualizada la base de datos, así como de ofrecen personal para la asesoría y ayuda para la presentación de los proyectos de reconversión pueden ser las agremiaciones o las cámaras de comercio respectivas en cada región.

En la Tabla 57 se muestra el consolidado de los objetivos específicos y generales, así como las metas a lograr en línea estratégica de acción 1.

**Tabla 57 Objetivos línea estratégica de acción 1**

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	METAS / INDICADORES
Crear herramientas para aprovechar los incentivos públicos y privados ya existentes para la financiación y asesoría en la presentación y ejecución de proyectos de inversión, reconversión tecnológica y uso eficiente de la energía en ladrilleras.	Caracterizar todas las ofertas o programas de financiación, cooperación y asesoría existentes, tanto nacionales como internacionales, que sean factibles de aplicar para el sector ladrillero.	META: Firma de al menos seis contratos privados entre productores y ESCOS para renovación tecnológica en la región central del país.  INDICADOR: número de contratos firmados entre empresas del sector y ESCOS.
	Compilar y mantener actualizado en un solo sitio o entidad, todos los programas de financiación y asesoría existentes, tanto nacionales como internacionales, que sean factibles de aplicar para el sector ladrillero.	META: Creación de un sistema de comunicación donde se informen y clasifiquen los diferentes programas de financiación ofrecidos para distribución y uso de las agremiaciones y productores de ladrillo.  INDICADOR: Un sistema de comunicación sobre programas de financiación para el sector creado.
	Asesorar a los pequeños y medianos	META: Al menos 10 empresas del sector

	productores de ladrillo en la formulación y presentación de la solicitud para la ejecución del o de los proyectos de reconversión tecnológica.	ladrillero asesoradas para acceso a fondos de financiación o a préstamos con la banca de primer piso.  INDICADOR: número de empresas del sector ladrillero asesoradas.
--	--	--

**Línea estratégica de acción 2: Asociatividad para la competitividad y mercado de las pequeñas y medianas ladrilleras.**

Las pequeñas y medianas ladrilleras, se caracterizan por su alto grado de dispersión en zonas rurales. En cantidad, las pequeñas y medianas ladrilleras representan más del 90% de las unidades productoras, pero en volumen de producción solo representan el 70%. Si bien hay agremiaciones y asociaciones locales, se puede decir que muchas de las ladrilleras no se encuentran asociadas. El nivel de dispersión de las ladrilleras presenta los siguientes inconvenientes: Capacidad de producción limitada; no es posible responder ante un aumento en la demanda de ladrillo. Cada unidad productiva emplea su propio método en la elaboración del ladrillo, especialmente en el proceso de cocción, de modo que el ladrillo no presenta propiedades similares entre cada empresa. No hay establecido o no hay consenso sobre el precio de venta por región o municipio; cada ladrillera pacta el precio de venta de manera independiente, dando lugar a la competencia de precios que tiene como consecuencia la subvaloración del producto, llevando al productor a generar pérdidas en muchos de los casos. Tienen acceso limitado a asesorías y ayudas en materia técnica, ambiental, empresarial, financiero y de mercadeo. Al no estar asociados los pequeños productores, se dificulta aún más la capacidad de innovación y de reconversión de tecnología, así como la comunicación con instituciones de I+D pertenecientes a las universidades. Y en consecuencia, el sector presenta poca habilidad para absorber nuevas tecnologías de cocción.

El grado de informalidad de las ladrilleras es otra característica que presenta efectos negativos para el sector ladrillero. Al ser informales no pueden acceder a la banca comercial, se les dificulta participar en proyectos de reconversión y capacitación y desconfían de las entidades de cooperación puesto que creen que son entes policivos. Tampoco buscan producir un producto de buena calidad, homogéneo, cumplir regulaciones ambientales, ni generar condiciones aceptables de salud ocupacional para los operarios, ya que ello implicaría un aparente incremento en los costos de producción.

La línea estratégica de asociatividad para la competitividad y mercado de las pequeñas y medianas ladrilleras. Busca el fortalecimiento del gremio de los pequeños y medianos productores de ladrillo mediante la estandarización de productos y por la creación de una marca de ladrillo única por agremiación o por región, para asimilar los beneficios de la economía de escala; así pueden responder de manera oportuna ante aumentos repentinos de la demanda, y poder competir con las grandes ladrilleras, en el mercado nacional e internacional. La línea estratégica busca crear una estrategia de difusión de la marca, donde se promuevan las ventajas estructurales, arquitectónicas del ladrillo como material de construcción y competir en el mercado ante la oferta otros tipos de materiales y técnicas de construcción como el Drywall® y el concreto vaciado. Además la estrategia promueve el fortalecimiento del sector, mediante la legalización y formalización de las empresas.

En la línea estratégica, también se busca crear medios de enlace y asesoría entre las constructoras (compradores de ladrillo) y los productores durante las negociaciones. Facilitar la comunicación entre los proveedores de tecnología y los productores.

Como resultado de la creación de la marca local de ladrillo, está el incremento en el volumen de producción y venta de producto a un precio adecuado. El modelo de asociatividad por marca promueve la formalización y legalización de los productores, y promueve y fortalece la imagen del ladrillo como medio eficiente, económico y ambientalmente seguro para la construcción de edificios y hogares.

En la Tabla 58 se muestra el consolidado de los objetivos específicos y generales, así como las metas a lograr en línea estratégica de acción 2.

**Tabla 58 Objetivos línea estratégica de acción 2**

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	METAS / INDICADORES
Fortalecer el gremio de los pequeños y medianos productores de ladrillo mediante: la estandarización de productos y procesos, y la creación de una marca de ladrillo por agremiación o por región.	Crear una marca de ladrillo por agremiación, con procesos de producción estandarizados. (Definición de parámetros como geometría, composición, proceso de cocción, rampas de temperatura, y propiedades mecánicas que debe cumplir el ladrillo.)	META: Creación de al menos una marca de ladrillo con características que diferencien el producto de aquellos producidos en otras zonas del país.  INDICADOR: número de marcas de ladrillo o productos similares creados por agremiación o región.
	Diseñar una estrategia de difusión de la marca, donde se promuevan las ventajas estructurales, arquitectónicas del ladrillo como material de construcción.	META: Estrategia de difusión de la marca de ladrillo entre el gremio de la construcción (CAMACOL) y otros gremios.
	Crear medios de enlace y asesoría entre las constructoras (compradores de ladrillo) y los productores.	INDICADOR: estrategia de difusión creada

***Línea estratégica de acción 3: Consolidación de capacidades nacionales para la innovación, fabricación, adaptación de nuevas tecnologías.***

La réplica literal de las tecnologías eficientes que están actualmente disponibles, no garantiza que éstas funcionen adecuadamente en cualquier región del país, porque la operación correcta de los hornos de cocción varía según la región geográfica, de la composición y tamaño de los granos de la arcilla y del tipo de combustible utilizado. Por tal motivo, es necesario realizar una fase previa de caracterización del tipo de arcilla y establecer lineamientos de estandarización del proceso de conformado de la arcilla, para así establecer cuál debe ser el perfil de temperatura que debe cumplir el horno. Por esta razón, difícil seleccionar una tecnología específica y tratar de validarla en todas las regiones del país. Lo que se debe promover son modelos y planes de acción integrales de operación, donde haya capacidad y criterio para adaptar y modificar las tecnologías a las condiciones y requerimientos necesitados en cada región.

Un caso evidenciado durante la realización de los diagnósticos energéticos en el sector ladrillero en la ciudad de Bogotá, es la conversión a hornos de cocción tipo túnel operados en modo continuo. Durante la reconversión no se realizó previamente un estudio de caracterización de la materia prima a procesar y no se capacitó al personal para el manejo de esta tecnología; específicamente en la relación que existe entre la composición química de la arcilla y los perfiles de temperatura en el interior del horno. En consecuencia, durante la operación del horno se obtuvieron altos porcentajes de pérdidas (producto quebrado y fracturado) y variaciones en la calidad y homogeneidad del producto. Este tipo de omisiones durante la transferencia de la tecnología, da la idea de que esta no es eficaz y que no tiene validez para el tipo de producto que se elabora.

La línea estratégica de consolidación de capacidades nacionales para la innovación, fabricación, adaptación de nuevas tecnologías, busca la creación de entidades que tengan la capacidad de asimilar y adaptar las tecnologías a las condiciones de escala económica y condiciones geográficas de las ladrilleras, además de agregar flexibilidad. Esta entidad debe contar con la participación de grupos de investigación en materiales cerámicos, en energía térmica y calentamiento y en gestión ambiental. También debe contar con la participación de los productores, agremiaciones y expertos independientes del sector. Estos centros deben de estar en la capacidad de comprender y dominar los fenómenos

característicos de las tecnologías con el fin de promover su divulgación y diseminación y romper el estigma de “cajas negras”. Con esto se puede garantizar que las ladrilleras aprovechan adecuadamente las tecnologías, alcanzando los beneficios esperados. Para potencializar esta línea, es importante la articulación con las políticas nacionales de eficiencia energética; programa PROURE, y el programa de Investigación en Energía y Minería de Colciencias.

En la Tabla 59 se muestra el consolidado de los objetivos específicos y generales, así como las metas a lograr en línea estratégica de acción 3.

**Tabla 59 Objetivos línea estratégica de acción 3**

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	METAS / INDICADORES
Crear o fortalecer uno o varios centros de investigación y desarrollo para que tengan la capacidad de asimilar, adaptar y mejorar las tecnologías disponibles en el sector ladrillero, a las condiciones de escala económica, social y condiciones geográficas.	Fortalecimiento de los centros de investigación para comprender los fenómenos físicos característicos de las tecnologías presentes en el sector ladrillero y romper el estigma de “cajas negras”.	META: Fortalecimiento de al menos 4 centros de investigación en el conocimiento de las tecnologías del sector ladrillero.  INDICADOR: Número de centros de investigación fortalecidos.
	Desarrollar, evaluar y demostrar las tecnologías adaptables a la escala económica de las ladrilleras a través del desarrollo de proyectos demostrativos pilotos de las tecnologías priorizadas.	META: Presentación y demostración de al menos tres (3) proyectos en la región de Cundinamarca y Boyacá. Tecnologías, bajo condiciones de operación real.  INDICADOR: proyectos demostrativos pro tecnología implementados en la región.
	Mejorar el seguimiento y asesoría por parte de los proveedores de tecnología hacia el productor de ladrillo e implementar un proyecto de vigilancia tecnológica.	META: Creación de un programa de asesoría de los proveedores de tecnología hacia los productores del sector.  INDICADOR: Programa de asesoría creado.  META: Creación de un proyecto de vigilancia tecnológica  INDICADOR: Proyecto de vigilancia tecnológica creado.

#### ***Línea estratégica de acción 4: Capacitación y formación de talento humano para el sector ladrillero.***

El personal que trabaja en el sector ladrillero, no cuenta con una adecuada capacitación en conceptos de calentamiento, en el manejo y mantenimiento de los hornos, en el uso racional y eficiente de la energía. No hay conciencia que al incrementar o invertir en eficiencia energética beneficia en el mediano y largo plazo la competitividad de la empresa, impactando los costos de producción. Se tiene el preconceito que eficiencia energética es algo impuesto por la autoridad ambiental, y se ve como un gasto y no como una inversión. Adicional a esto, está el arraigo por parte de los productores a elaborar los ladrillos de la manera tradicional.

El grado de sofisticación y complejidad de los sistemas de instrumentación y control incorporados en las tecnologías de combustión y calentamiento de nueva generación, generalmente no es asimilable al nivel tecnológico de los operarios, por lo que normalmente se generan problemas de operación adecuada y de no disponibilidad de los equipos. Cuando no se disponen de proyectos de referencia y programas demostrativos, se genera un alto grado de escepticismo, el cual genera desconfianza y temor en los beneficios de la tecnología, y al ser considerada como “extraña” se cree que no se puede implementar.

La línea estratégica de capacitación y formación de talento humano para el sector ladrillero, pretende la creación de un programa de capacitación y buenas prácticas de operación, aplicado a trabajadores del sector ladrillero. Se trata que en cooperación entre grupos de investigación, el SENA, productores y asesores del gremio, se estructure y desarrolle un programa de capacitación en conceptos básicos de combustión y calentamiento, y buenas prácticas en la operación y mantenimiento de hornos de cocción para ladrillos. El objetivo es disponer de recurso humano de alta calificación para dar soporte a las actividades de operación, ajuste, mantenimiento y servicios de postventa de las tecnologías del sector. Con ello se garantiza la obtención de resultados en el corto plazo, la disponibilidad y confiabilidad en la operación de las tecnologías, la viabilidad técnica y económica del proyecto en largo plazo.

En la Tabla 60 se muestra el consolidado de los objetivos específicos y generales, así como las metas a lograr en línea estratégica de acción 4.

**Tabla 60 Objetivos línea estratégica de acción 4**

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	METAS / INDICADORES
Creación de un programa de capacitación y buenas prácticas de operación, aplicado a trabajadores del sector ladrillero.	Desarrollar un programa de capacitación teórico práctico sobre conceptos básicos de combustión, calentamiento y buenas prácticas en la operación y mantenimiento de hornos de cocción para ladrillos. Este programa puede incluir la creación e implementación de un laboratorio móvil para actividades experimentales de combustión y calentamiento.	META: Creación y establecimiento del programa teórico práctico de capacitación sobre conceptos básicos de combustión, calentamiento y buenas prácticas en la operación y mantenimiento de hornos de cocción para ladrillos  INDICADOR: Programa de capacitación creado.  META: Capacitar a al menos 20 empresas del sector sobre conceptos básicos de combustión, calentamiento y buenas prácticas en la operación y mantenimiento de hornos de cocción para ladrillos.  INDICADOR: Número de empresas capacitadas
	Disponer de recurso humano de alta calificación para dar soporte a las actividades de operación, ajuste, mantenimiento y servicios de postventa de las tecnologías del sector	META: Crear o fortalecer 4 programas de capacitación por cada región productora de ladrillo en el país.  INDICADOR: Número de programas de capacitación creados o fortalecidos.

En la Tabla 61 se presentan las medidas según la fase de desarrollo del proceso de transferencia tecnológica. Si bien todas las barreras afectan de manera directa e indirecta todas las fases de transferencia de la tecnologías. Un análisis de la tabla se encuentra que la línea de mecanismos de financiación y planteamiento de proyectos de reconversión tecnológica interviene principalmente en las fases de concepción y desarrollo de la transferencia. La línea de asociatividad para la competitividad y mercado de las pequeñas y medianas ladrilleras entra en las fases de diseño e implementación de la tecnología. Las líneas de consolidación de capacidades nacionales para la innovación, fabricación, adaptación de nuevas tecnologías y capacitación y formación de talento humano para el sector ladrillero intervienen en la fase de implementación y operación.

**Tabla 61 Participación de las medidas en las fases de desarrollo del proceso de transferencia tecnológica en el sector ladrillero.**

MEDIDA/ACCIÓN	ETAPA DE DESARROLLO DEL PROCESO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA			
	CONCEPCION	DISEÑO	IMPLEMENTACIÓN	OPERACIÓN
<b>Línea estratégica de Acción 1: Mecanismos de financiación y planteamiento de proyectos de reconversión tecnológica.</b>				
Exención del IVA: Incentivos establecidos en la Resolución 0186 de 2012 del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible	X		X	X
Estructurar los proyectos para facilitar el acceso a créditos de innovación a largo plazo y proyectos con riesgo tecnológico compartido (COLCIENCIAS-Bancóldex). Asesorar a los pequeños empresarios para acceder y cumplir con los requisitos exigidos por las entidades financieras.	X	X		
Realizar un estudio específico donde se analice el efecto (positivo y negativo) por la inclusión de los beneficios económicos y sociales como criterios de decisión y no solo lo financieros en la evaluación de los proyectos de renovación y reconversión tecnológica.		X		
Buscar nuevas líneas de financiamiento por medio de contratos tipo ESCO, orientado a medianos productores.	X	X	X	X
Estructurar medidas que busquen bajar las tasas de interés y aumentar los plazos de financiación.	X	X	X	X
Coordinar las políticas públicas que estimulan la reducción de gases de efecto invernadero con los programas de cooperación internacional existentes.	X	X		
<b>Línea estratégica de Acción 2: Asociatividad para la competitividad y mercado de las pequeñas y medianas ladrilleras.</b>				
Crear un modelo de asociación (tipo clúster) adecuado a la tradición cultural de los productores de ladrillo, buscando fortalecer las agremiaciones existentes y atraer a productores que no se encuentran asociados. Con la formación del clúster, se puede crear o asistir a ruedas de negocio del sector de la construcción para dar a conocer las capacidades y las necesidades que presenta el sector ladrillero.	X	X	X	
<b>Línea estratégica de Acción 3: Consolidación de capacidades nacionales para la innovación, fabricación, adaptación de nuevas tecnologías.</b>				
Desarrollo, evaluación y demostración de tecnologías adaptables a la escala económica de las ladrilleras. Así como el seguimiento a las tecnologías priorizadas.	X	X	X	
Desarrollo de proyectos demostrativos pilotos de las tecnologías priorizadas. Durante la demostración se debe garantizar la difusión de los casos exitosos y exposición de las condiciones específicas de operación de la tecnología, mediante la creación y estructuración de un servicio en línea de información y tendencia tecnológicas.	X	X		
Desarrollo de proveedores, para mejorar el seguimiento y asesoría por parte del proveedor hacia el empresario. Así como la retroalimentación por parte del empresario hacia el proveedor.				
Apoyo a creación de empresas de base tecnológica sobre sistemas de calentamiento aplicados a la producción de ladrillo por parte de las empresas productoras, utilizando su vasta experiencia del proceso de elaboración del ladrillo.		X	X	X
Identificación de capacidades nacionales de fabricación y montaje de hornos de cocción de ladrillo.		X	X	
<b>Línea estratégica de Acción 4: Capacitación y formación de talento humano para el sector ladrillero.</b>				
Estructuración de seminarios a través del Sena con la	X	X	X	X

*cooperación técnica de grupos de investigación, dirigidos a empresarios, técnicos operarios de las Pymes y a los técnicos en formación, en tecnologías de combustión y calentamiento con alta eficiencia. Con el objetivo de concientizar a los dirigentes locales, empresarios y operarios de la importancia de la eficiencia energética como variable de competitividad en la región y país. Los seminarios buscan principalmente acercarse a personas jóvenes que pertenecen al sector (nuevas generaciones) con visión más abierta del sector, e incentivar el desarrollo del mercado de eficiencia energética.*

Tabla 62 Plan de acción sector ladrillero (T1 horno MK2, T2 horno vertical y T3 horno de aire forzado)

PLAN DE ACCIÓN PARA FACILITAR LA TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS PRIORIZADAS EN EL SECTOR LADRILLERO									
Medida/acción	Prioridad			¿Por qué es necesaria?	¿Quién debe realizarla?	¿Cómo debe realizarse?	Calendario de ejecución	Costos	Indicadores de éxito y riesgos
	T1	T2	T3						
<i>Línea estratégica de Acción 1: Mecanismos de financiación y planteamiento de proyectos de reconversión tecnológica.</i>									
<i>Exención del IVA: Incentivos establecidos en la Resolución 0186 de 2012 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible</i>	<b>B</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	Para la reducción de costos de implementación de la tecnología	Ministerio de Ambiente (MADS) Unidad de planeación minero energética (UPME).	Mediante el acompañamiento en la estructuración de proyectos y divulgación a pymes de este incentivo.	Primer mes de ejecución del proyecto.	No aplica porque hace parte de la comercialización de la tecnología	Número de proyectos en ejecución con solicitud aprobada por el MADS. Número de proyectos con solicitud no aprobada, por no cumplir los términos de la resolución.
<i>Estructurar los proyectos para facilitar el acceso a créditos de innovación a largo plazo y proyectos con riesgo tecnológico compartido (COLCIENCIAS-Bancóldex). Asesorar a los pequeños empresarios para acceder y cumplir con los requisitos exigidos por las entidades financieras.</i>	<b>B</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	Es fuente de recursos financieros para desarrollo y adaptación de tecnología. Para dar a conocer a los productores todos los beneficios y oportunidades de financiación que existen.	Agremiaciones apoyados por grupos de investigación	Mediante asesoría en la estructuración de proyectos	Primer y segundo semestre de 2014	Costo de personal \$1000 dólares.	Variación positiva en el número de proyectos presentados y aprobados para innovación en sector ladrillero ante COLCIENCIAS. Riesgo: que no haya una asociación efectiva entre grupos de investigación o ente estructurador de proyectos y empresas ladrilleras o agremiaciones. No aceptación de la propuesta del proyecto por incumplimiento de términos y condiciones.
<i>Realizar un estudio específico donde se analice el efecto</i>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	Para mejorar las condiciones sociales,	Ministerio de ambiente y	Mediante la realización de consultoría para la	Segundo semestre	Costo consultoría por proyecto: \$5 mil	Incluir en las propuestas de



Primer informe Plan de Acción  
República de Colombia

<i>(positivo y negativo) por la inclusión de los beneficios económicos y sociales como criterios de decisión y no solo lo financieros en la evaluación de los proyectos de renovación y reconversión tecnológica.</i>				ambientales y de salud de las personas que están relacionadas al proceso productivo o que viven en las inmediaciones del centro de producción.	Agremiaciones	implementación de programas sociales.	2013 a 2017	dólares. Deben estar incluidos en presupuesto general de proyecto.	proyectos una componente donde se promuevan: actividades de entretenimiento y convivencia para los trabajadores y su núcleo familiar en las empresas en horas no laborales. Riesgo: Incremento en los costos durante la ejecución del proyecto.
<i>Buscar nuevas líneas de financiamiento por medio de contratos tipo ESCO, orientado a medianos productores.</i>	A	A	A	Es fuente de recursos monetarios y asesoría para el montaje, operación y mantenimiento de las tecnologías, con lo cual se exonera al productor de realizar la inversión.	Agremiaciones empresarios en conjunto con empresas ESCOs. Ministerio de Comercio y Ministerio de Ambiente.	Mediante convocatoria por parte de las agremiaciones a las empresas ESCO. Mediante la participación de las agremiaciones en ferias industriales y de construcción.	Primer semestre de 2014 a 2015	Los costos de implementación de este tipo de proyectos los asume la ESCOs, y depende del volumen de producción y características técnicas del proyecto.	Firma de al menos seis contratos privados entre productores y ESCOs para renovación tecnológica en la región central del país. Riesgo: Que las ESCOs no estén interesadas en participar en los proyectos porque la capacidad de producción de la ladrillera es pequeño.
<i>Estructurar medidas que busquen bajar las tasas de interés y aumentar los plazos de financiación.</i>	M	M	M	Para incentivar la solicitud de créditos a entidades financieras formales que hagan posible el acceso de los pequeños productores a dichos créditos en términos que hagan viables los proyectos.	Entidades financieras Entidades de cooperación Internacional	Mediante la realización de un estudio de revisión de experiencias internacionales exitosas y estructuración de medidas novedosas y viables al contexto Colombiano.	Segundo semestre de 2013	\$10 mil dólares para el estudio.	Proponer mecanismos novedosos para financiar proyectos de eficiencia energética a Pymes, viables al contexto Colombiano. Riesgo: que el mecanismo estructurado no sea atractivo al sector financiero.

Primer informe Plan de Acción  
República de Colombia

<i>Coordinar las políticas públicas que estimulan la reducción de gases de efecto invernadero con los programas de cooperación internacional existentes.</i>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	Para crear sinergias con los programas internacionales de cooperación para la búsqueda de recursos y asesoría en el manejo y mejora del impacto ambiental causado por el proceso de producción del ladrillo. Revisar experiencias internacionales para asimilar mejores prácticas y diseñe un mecanismo efectivo de coordinación, acción y seguimiento de los programas de cooperación internacional.	Ministerio de ambiente, Ministerio de relaciones Internacionales Dirección Nacional de Planeación	Mediante consultorías que estudien experiencias internacionales para asimilar mejores prácticas y diseñe un mecanismo efectivo de coordinación, acción y seguimiento de los programas de cooperación internacional.	Primer semestre de 2014 al primer semestre de 2017	\$20 mil dólares, para la financiación de una consultoría.	Mecanismo de coordinación disponible y socializado ante los principales actores mediadores y /o receptores de la cooperación internacional, en los temas señalados. Riesgo: que fallen los mecanismos de convocatoria y concertación entre los actores, como también que no exista una cabeza visible que jalone, convoque y coordine.
<b>Línea estratégica de Acción 2: Asociatividad para la competitividad y mercado de las pequeñas y medianas ladrilleras.</b>									
<i>Crear un modelo de asociación (tipo clúster) adecuado a la tradición cultural de los productores de ladrillo, buscando fortalecer las agremiaciones existentes y atraer a productores que no se encuentran asociados. Con la formación del clúster, se puede crear o asistir a ruedas de negocio del sector de la construcción para dar a conocer las capacidades y las necesidades que presenta el sector ladrillero.</i>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	Para fortalecer el gremio facilitando la comercialización, la producción y la estandarización del ladrillo. Para incrementar volumen de producción y venta y unificar el precio de comercialización. El clúster promueve la formalización y legalización de los productores, y promueve y fortalece la imagen del ladrillo como medio eficiente, económico y ambientalmente seguro para la construcción.	Agremiaciones, productores. Cámaras de comercio. Ministerio de Industria y Comercio	Mediante la formulación y creación del primer clúster de ladrillo en la región de Cundinamarca-Boyacá.	Primer semestre de 2014 al primer semestre de 2015	\$500 mil dólares.	Creación de un clúster regional de sector ladrillero. Aumentar número de productores asociados a las agremiaciones. Crear una marca de producto que genere identidad. Riesgo: No llegar a una concertación sobre quién debe administrar e impulsar el clúster.

Primer informe Plan de Acción  
República de Colombia

<b>Línea estratégica de Acción 3: Consolidación de capacidades nacionales para la innovación, fabricación, adaptación de nuevas tecnologías.</b>										
<i>Desarrollo, evaluación y demostración de tecnologías adaptables a la escala económica de las ladrilleras. Así como el seguimiento a las tecnologías priorizadas.</i>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	Para crear autonomía y capacidad de crear tecnología acorde a las condiciones locales de mercado y producción. Para diagnosticar falencias y ventajas, para mejorar la adaptación de la nueva tecnología.	ESCOs, Grupos de Investigación Productores COLCIENCIAS. Fondo de Regalías.	Mediante el trabajo en conjunto entre productores, agremiaciones y grupos de investigación para la presentación de proyectos de investigación al sistema nacional de ciencia y tecnología.	Primer semestre de 2014 al primer semestre de 2019	\$1 millón de dólares	-Tres patentes o modelos de Utilidad aprobados. -Informe observatorio de dificultades y oportunidades de nuevos proyectos de investigación. Riegos: Que no se apliquen metodologías de desarrollo adecuadas y que hagan imposible el desarrollo de tecnología.	
<i>Desarrollo de proyectos demostrativos pilotos de las tecnologías priorizadas. Durante la demostración se debe garantizar la difusión de los casos exitosos y exposición de las condiciones específicas de operación de la tecnología, mediante la creación y estructuración de un servicio en línea de información y tendencia tecnológicas.</i>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	Para cambiar percepción de complejidad de la tecnología y promover beneficios económicos y ambientales. Así como para dar testimonio por parte de los mismos productores de los beneficios.	Proveedores, ESCOs y Grupos de Investigación. Ministerio de Ambiente UPME	Mediante la estructuración de proyectos piloto a partir de las tecnologías priorizadas.	Primer semestre de 2014 al primer semestre de 2016	\$60 mil dólares por programa piloto, sin incluir el costo de la tecnología, la cual debe ser garantizada por el proveedor.	Presentación y demostración de tres proyectos en la región de Cundinamarca y Boyacá. Tecnologías, bajo condiciones de operación real. Crear boletín o publicación periódica con distribución entre agremiaciones y productores. Riesgo: Que las condiciones de operación en cada región afecten el rendimiento de la tecnología.	
<i>Desarrollo de proveedores, para mejorar el seguimiento y asesoría por parte del proveedor hacia el empresario. Así como la retroalimentación por parte del empresario hacia el proveedor.</i>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	Para garantizar el correcto funcionamiento y operación de las tecnologías. Para tener oferta de soluciones acordes a las necesidades del sector,	Agremiaciones y ESCOs Proveedores de Tecnología. COLCIENCIAS Grupos de Investigación	Mediante el desarrollo de proyectos de cooperación entre empresas ladrilleras y proveedores en el desarrollo de tecnologías y mejora de	Primer semestre de 2014 al primer semestre de 2018	\$30 mil dólares.	Creación de un convenio para fortalecer a por lo menos una empresa de proveedora, a partir del conocimiento que	

Primer informe Plan de Acción  
República de Colombia

<p>Apoyo a creación de empresas de base tecnológica sobre sistemas de calentamiento aplicados a la producción de ladrillo por parte de las empresas productoras, utilizando su vasta experiencia del proceso de elaboración del ladrillo.</p>		<p>con costos menores a los equipos importados.</p>		<p>los sistemas de logística.</p>		<p>tienen los productores en más de 2 décadas de producción. Riego: está relacionado con no recibir colaboración parte de los productores de brindar información sobre el proceso de cocción.</p>
<p>Identificación de capacidades nacionales de fabricación y montaje de hornos de cocción de ladrillo.</p>	<p>A A A</p>	<p>Para conocer la capacidad de desarrollo e implementación de tecnología que hay entre los proveedores y productores nacionales. Dicha capacidad debe ser acorde a las escala de producción y condiciones locales</p>	<p>MINCOMERCIO Secretarías Departamentales de Productividad y Competitividad Alcaldías. Cámaras de comercio. Grupos de investigación Consultores y productores</p>	<p>Mediante la realización de un estudio de consultoría para la evaluación de capacidades nacionales de fabricación.</p>	<p>Primer semestre de 2014 al primer semestre de 2015 \$20 mil dólares.</p>	<p>Realización de informe caracterizando la oferta tecnológica, capacidades y limitaciones a nivel nacional en el sector ladrillero. Creación de una base de datos del inventario de capacidades y limitaciones nacionales. Riesgo: El mercado de proveedores no está desarrollado.</p>
<p><b>Línea estratégica de Acción 4: Capacitación y formación de talento humano para el sector ladrillero.</b></p>						
<p>Estructuración de seminarios a través del Sena con la cooperación técnica de grupos de investigación, dirigidos a empresarios, técnicos operarios de las Pymes y a los técnicos en formación, en tecnologías de combustión y calentamiento con alta eficiencia. Con el objetivo de</p>	<p>A A A</p>	<p>Para capacitar y formar personal consciente de los beneficios ambientales y económicos de mejorar la eficiencia energética. De la relación que hay entre eficiencia energética y competitividad. También se busca</p>	<p>Centros de formación y grupos de investigación. Ministerio de Minas y Energía por el Programa PROURE.</p>	<p>Mediante la selección de la institución que operará el programa, se procede a: *Definir el mecanismo de articulación con otros actores. *Definir los objetivos y alcances del programa. *Definir y estructurar la</p>	<p>Primer semestre de 2014 al primer semestre de 2015 \$ 250 mil dólares.</p>	<p>Dictar 4 programas de capacitación por cada región productora de ladrillo en el país. Riesgos: Que las personas que reciban la capacitación no sean empleados de las ladrilleras.</p>

Primer informe Plan de Acción  
República de Colombia

*concientizar a los dirigentes locales, empresarios y operarios de la importancia de la eficiencia energética como variable de competitividad en la región y país.*

*Los seminarios buscan principalmente acercarse a personas jóvenes que pertenecen al sector (nuevas generaciones) con visión más abierta del sector, e incentivar el desarrollo del mercado de eficiencia energética.*

concientizar las nuevas generaciones que están en proceso de formación y que van a dirigir el gremio en un futuro cercano, sobre la importancia de la eficiencia energética en la competitividad.

componente experimental del programa.  
\*Definir el perfil de los aspirantes y realizar la primera convocatoria.

El análisis del plan de acción permite encontrar que muchas de las barreras identificadas en este estudio, son posibles de superar si se realiza una combinación adecuada de varias de las medidas descritas y con el presupuesto suficiente. Se encuentra que las barreras de comportamiento social y cultural y habilidades humanas son las más significativas durante el proceso de transferencia. Las medidas adoptadas para su superación: como el desarrollo de proyectos demostrativos pilotos, capacitación de personal en buenas prácticas de combustión y uso racional de la energía, desarrollo de capacidades nacional en desarrollo de tecnología acorde a las condiciones locales y escala de producción, fortalecimiento de la agremiación y creación de identidad de producto, pueden garantizar el éxito del programa a largo plazo, alcanzando una reducción efectiva de gases de efecto invernadero por unidad de producto.

Otro aspecto importante es la financiación y búsqueda de recursos para la renovación tecnológica. Para ello se ha encontrado que una fuente viable y factible es la realización de proyectos por medio de la línea de créditos de innovación a largo plazo y proyectos con riesgo tecnológico compartido (COLCIENCIAS-Bancóldex), el fondo de regalías para ciencia y tecnología y los programas de cooperación internacional. Al buscar financiamiento por medio de estas fuentes, se obtiene el beneficio de la cultura de la innovación y la asociación con grupos de investigación, ESCOS y consultores para la resolución conjunta de problemas y retos. En relación con las medidas que requieren montos considerables para su financiación, se estima que una adecuada combinación para acceder a fuentes nacionales y de cooperación internacional, minimizaría las incertidumbres al respecto. En este contexto, consideramos que se disponen en el país actualmente programas y mecanismos de financiación robustos y en muchos de los casos no reembolsables, por lo que es de gran interés el examen y la formulación de proyectos para presentar a COLCIENCIAS, Fondo de Regalías para la C & T, Resolución 0186 de 20012, Innpulsa y Bancóldex.

Respecto a los análisis de los indicadores de riesgo para la transferencia de tecnología, se encuentra que la falta de coordinación, voluntad y concertación de los actores que participan en las respectivas medidas son el mayor riesgo para el proyecto. No obstante la diversidad de actores, es conveniente que exista una entidad coordine todo el plan de transferencia y que dispongan de los instrumentos necesarios para convocar, asignar roles, evaluar y enlace con las instituciones de cooperación internacional. Dado el compromiso en la estructuración aplicación y seguimiento que el MADS tiene en el programa nacional de desarrollo bajo en carbono. Es esta institución la más idónea para realizar la función descrita.

## Capítulo 4. Conclusiones

### 4.1 Acerca de las soluciones tecnológicas

- La transferencia del horno de crisol autorregenerativo y la sostenibilidad de su uso en largo plazo dependerá de la aplicación simultánea de las siguientes medidas: capturar los incentivos vigentes en el país, realizar proyecto demostrativos para divulgación y verificación de las ventajas comparativas de la tecnología, programas de divulgación en el sector, modelo de negociación por parte de los proveedores basado en contratos de fabricación, en algunos casos asociación de Pymes en parques industriales para superar problema de escala económica. También un adecuado servicio de mantenimiento y ajuste en el periodo de vida útil de la tecnología, en tanto en países sin tradición tecnológica, esta una de las principales causas de porque fracasan los proyectos.
- La transferencia del horno de inducción electromagnética y la sostenibilidad de su uso en largo plazo dependerá de la aplicación simultánea de las siguientes medidas: bajos precios de la electricidad en función del nivel de consumo de la Pymes, acceder a fuentes de financiación blandas debido a los altos costos de esta tecnología, capturar los incentivos vigentes en el país, identificar proyectos de referencia ya instalados para divulgación y verificación de las ventajas comparativas de la tecnología, disponibilidad en el país proveedores de la tecnología con capacidad técnica demostrada, en los casos de micro y pequeñas empresas es necesario la asociación en parques industriales para superar problema de escala económica y acceso a una tecnología que es estandarizada. También un adecuado servicios de mantenimiento y ajuste en el periodo de vida útil de la tecnología, en tanto en países sin tradición tecnológica, esta una de las principales causas de porque fracasan los proyectos.
- La transferencia exitosa y la implementación masiva de la tecnología de sistema de combustión con aire forzado en los hornos de cocción, debe estar condicionado primero a una capacitación del personal operativo sobre la importancia del control de la combustión. A mantener la correcta proporción de la relación aire combustible, evitar las infiltraciones de aire y controlar constantemente la temperatura del proceso de acuerdo al producto elaborado. Y luego, a un adecuado sistema de demostración y buenas prácticas de operación.
- La transferencia exitosa del horno vertical semicontinuo y del horno MK2 están supeditados a un estudio previo de adaptación a las condiciones locales y tradiciones de operación, como el tipo de combustible, el volumen de producción adecuado, la composición del ladrillo, las variables ambientales, las curvas de temperatura y tiempos de cocción, ya que estas tecnologías no han sido previamente probadas en el país y no se tienen registros de operación.
- Es posible mejorar la eficiencia de los hornos colmena mediante el suministro aire forzado por un ventilador. Al introducir quemadores con aire forzado es posible quemar en menor tiempo y lograr minimizar el consumo de carbón, pero, al mismo tiempo, puede ser que se incremente el requerimiento y uso de la energía eléctrica. Los hornos colmena bien manejados y con una combustión eficiente, sin inquemados y bajos índices de emisiones contaminantes, puede ser una gran alternativa para no

abandonar este tipo de hornos que tienen múltiples aplicaciones. El uso de carbojets y dosificadores de alta eficiencia mitigan los impactos al ambiente y reduce los tiempos de hornada.

- Las mejoras que se puedan incorporar en el proceso de combustión de los hornos colmena y Hoffman, pueden ser importantes en el uso de dosificadores de alta eficiencia y en el suministro de aire adicional para una combustión más eficiente, lo anterior para no establecer como única solución, la reconversión a hornos continuos ya que no puede compararse los parámetros de cada horno en su proceso productivo y en la tipología de productos que cada tecnología está en condiciones de proveer.
- La eficiencia térmica del horno en las ladrilleras, se puede incrementar además de las reconversiones tecnológicas con: Procesos de capacitación al personal en aspectos térmicos, disminución del porcentaje de humedad del material que va a entrar al horno, aprovechamiento de los calores para precalentar la carga, enriqueciendo la combustión con un adecuado suministro de aire y mejorando el aislamiento que recubre el horno con material refractario. La eficiencia térmica de los hornos puede verse afectada por: El calor perdido por la estructura de los hornos mismos, el calor que se retira por los sistemas de enfriamiento y el calor que arrastran los gases que se generan, producto de las reacciones químicas de la cocción del ladrillo.
- Resulta conveniente proponer tecnologías para el uso del carbón mineral que sean eficientes desde el punto de vista energético y ambiental, y que además sean costeables por los productores, toda vez que éste energético forma parte de las ventajas competitivas, por dotación de factores, de Colombia y su región central.
- Una de las tecnologías probadas, que han evidenciado mejoras sustanciales desde lo energético, económico y ambiental es el uso de las briquetas de carbón. La afirmación se sustenta en evidencias documentadas en planes demostrativos de reciente ejecución. Por esta razón esta tecnología forma parte de uno de las fichas tecnológicas propuestas objeto de este convenio.
- En el sector ladrillero los empresarios han realizado esfuerzos para cambiar sus hornos artesanales (De fuego dormido) por otros de mayor eficiencia (Hoffman y colmenas), estos son susceptibles de mejorar con gas de síntesis a partir del carbón mineral. Recientes desarrollos a nivel experimental en Bogotá así lo han demostrado.
- Existe una tercera tecnología la cual es transversal y complementaria a las dos anteriores. Se trata de la utilización de la biomasa procedente de los residuos maderables. Conocida como: Peletización de la biomasa residual (podas de la vegetación invasiva y extraña) para uso energético.
- Es importante establecer como estrategia de optimización de los hornos intermitentes, las mejoras que se puedan incorporar en su proceso de combustión, mediante el uso de dosificación de alta eficiencia y suministro de aire adicional para una combustión más eficiente, y no establecer como solución inmediata y única, la reconversión a hornos continuos ya que no se puede comparar los parámetros de cada horno, en su proceso productivo y la tipología de productos que cada tecnología está en condiciones de proveer.



- El mayor problema de los hornos de cubilote del sector metalmecánico, empleados en los procesos de fundición, es que sus equipos para el control de emisiones contaminantes es más costoso que el propio horno, por ello no se controla adecuadamente sus emisiones de material particulado y por lo tanto no cumple con la normatividad en materia de emisiones fijas.
- La alternativa que ofrece el mercado es la sustitución del horno cubilote alimentado por carbón o coque, por un horno de las mismas características alimentado por gas natural u hornos de inducción, con ello se requiere contrarrestar barreras asociadas como son: mayores costos operacionales, requerimientos de inversión por el montaje de instalaciones de conexión y requerimientos de inversión por reconversión tecnología al sistema de combustión existente. Las empresas propietarias de hornos de cubilote tradicional, pueden optar por mejorar las condiciones mismas de los cubilotes existentes, ante la total imposibilidad de reconvertir su tecnología por falta de recursos o créditos, incorporando sistemas de recuperación de cenizas.
- Algunos inconvenientes asociados a los hornos de cubilote tradicional son: La baja capacidad productiva, que impide el crecimiento y también desarrollar nuevos mercados. Los hornos de inducción reportan mayores utilidades ya que este tipo de horno permite producir una mayor variedad de productos y no solo materiales en hierro gris, como la fundición tradicional en cubilote.
- El tipo de horno en sí, no es el único factor preponderante en el no cumplimiento de la normatividad ambiental en materia de emisiones por parte de las empresas. Es importante evaluar aspectos como la optimización de los procesos de combustión al interior de cada tipo de horno, para actuar directamente en la eficiencia del sistema ya que existe correlación directa entre el grado de eficiencia de la combustión de un horno y sus niveles de emisión contaminante.

#### **4.1 Acerca del plan de acción sectores metalmecánico y ladrillero**

- Los planes de acción definidos para la transferencia de las tecnologías priorizadas de los sectores metalmecánico y ladrillero, se inscriben y son una contribución a los alcances y metas de las políticas nacionales de Desarrollo de Bajo Carbono y la Ley Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía, -Proure. Siendo también posible la obtención de co-beneficios en reducción de costos de producción, productividad, competitividad y salud ocupacional.
- En general se encontró para el sector metalmecánico y ladrillero que la mayoría de barreras identificadas para estos sectores aplican también para las respectivas tecnologías priorizadas, en consecuencia las medidas que sustentan los respectivos planes de acción son válidas como acción sectorial y como estrategia para facilitar la transferencia tecnológica.
- En ambos sectores se encontró que la mayoría de medidas identificadas de interés para el respectivo plan de acción aplican para todas las tecnologías, sin embargo el grado de incidencia en algunos casos resultó diferente, lo cual es conveniente tener en cuenta al momento de ejecutar dicho plan de acción.
- En ambos sectores se encontró como medidas transversales las siguientes:
  - Aprovechamiento de los incentivos tributarios existentes en el país. Como exención del IVA, Resolución 0186 de 2012.

- Aprovechamiento de los programas de COLCIENCIAS como medio de financiación y ejecución de proyectos demostrativos de las tecnologías.
  - Fortalecimiento de capacidades nacionales de fabricación de partes y sistemas de calentamiento.
  - Estructuración de un programa de capacitación y formación de recursos humanos en conceptos de combustión, calentamiento y buenas prácticas en la gestión de la energía.
  - Armonizar las solicitudes de financiación y cooperación entre las entidades internacionales y nacionales.
- El plan de acción resultante para las tecnologías priorizadas del sector metalmecánico, son de tipo económico, financiero, técnico, otras relacionadas con la necesidad de consolidación de capacidades nacionales en recurso humano, en fortalecimiento para la generación, asimilación, adaptación y difusión de las tecnologías priorizadas. Otro conjunto de medidas se orientan a resolver el problema de escala de producción, a estimular formas de organización industrial más eficientes y competitivas, también para establecer mecanismos que garanticen una coordinación más efectiva entre las fuentes de financiación nacional y las de cooperación internacional.
  - La transferencia de las tecnologías priorizadas en el sector metalmecánico, garantizaría la disminución de emisión de gases de efecto invernadero por unidad másica de producto elaborado entre un 50% y 90%, con respecto a la situación actual.
  - Para la financiación y búsqueda de recursos para la renovación tecnológica en el sector ladrillero, se ha encontrado que una fuente viable y factible es la realización de proyectos por medio de la línea de créditos de innovación a largo plazo y proyectos con riesgo tecnológico compartido (COLCIENCIAS-Bancóldex), el fondo de regalías para ciencia y tecnología y los programas de cooperación internacional. Al buscar financiamiento por medio de estas fuentes, se obtiene el beneficio de la cultura de la innovación y la asociación con grupos de investigación, ESCOs y consultores para la resolución conjunta de problemas y retos.
  - En el sector ladrillero se espera una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero de un 20% en las unidades productoras que posean hornos de cocción tipo fuego dormido, árabe o pampa, colmena o Hoffman.
  - En relación con las medidas que requieren montos considerables para su financiación, estimamos que una adecuada combinación para acceder a fuentes nacionales y de cooperación internacional, minimizaría las incertidumbres al respecto. En este contexto consideramos que se disponen en el país en los actuales momentos de programas y mecanismos de financiación robustos y en muchos casos no reembolsables, por lo que es de gran interés el examen y la formulación de proyectos para presentar a COLCIENCIAS, Fondo de Regaláis para la C&T, Resolución 0186 de 20012, Innpulsa y Bancóldex.
  - El mayor riesgo para la transferencia de tecnología en ambos sectores, se encuentra en la posible falta de coordinación, voluntad y concertación entre los actores que participan en las respectivas medidas. No obstante la diversidad de actores, es conveniente que exista una entidad que coordine todo el plan de transferencia y que disponga de los instrumentos necesarios para convocar, asignar roles, evaluar y gestionar recursos ante las instituciones de cooperación internacional.

- Para efecto de garantizar la implementación exitosa del paquete tecnológico propuesto que incluye Buenas prácticas operativas energéticas (BPOE), Gestión energética, reconversión tecnológica las propuestas tecnológicas de eficiencia energética y la reducción de impacto ambiental en GEI, se requiere impulsar programas de innovación, transferencia y adaptación tecnológica para la eficiencia energética y mitigación al cambio climático con el objetivo de aumentar el conocimiento del sector empresarial, del sector público y de las organizaciones relevantes de la sociedad civil sobre las ventajas y beneficios que se pueden generar mediante la inversión en proyectos de eficiencia energética y de mitigación de cambio climático; como también fortalecer los agentes del mercado, demanda, oferta y financiamiento mediante la capacitación a técnicos, consultores, especialistas, proveedores de estos equipos, ESCOS y centros de formación superior en las tecnologías propuestas, en eficiencia energética y en mitigación al cambio climático para desarrollar el mercado del paquete tecnológico propuesto mediante la realización de proyectos piloto demostrativos.

## **4.2 Acerca de las lecciones aprendidas y sugerencias**

Con la metodología utilizada en el proceso de evaluación de necesidades tecnológicas y planes de acción para la mitigación al cambio climático, se logró consolidar un procedimiento seguro, coherente y que además garantiza la participación de múltiples actores en el análisis y toma de decisiones, además de ser de fácil apropiación e implementación. Si bien propende como indicador más importante lograr la reducción de gases de efecto invernadero, es conveniente reconocer el respeto que tiene de las políticas y prioridades de desarrollo nacional, como también el logro de co-beneficios de los sectores participantes.

Una lección aprendida durante el proyecto, es que en el análisis de los sectores seleccionados no es suficiente la utilización de fuentes de información secundaria, sino que en muchos casos, se requiere captar directamente las particularidades y características de los sectores. En nuestro caso, los diagnósticos energéticos realizados en los sectores metalmecánico y ladrillero, permitió precisar las limitaciones estructurales de estos sectores y ponderar las dimensiones de algunas barreras para la transferencia de las tecnologías.

La metodología en la definición de los criterios para la selección de las tecnologías los considera de tipo; económico, social, ambiental y financiero, asumiendo que los criterios técnicos quedan considerados en el económico. Consideramos que este planteamiento es impreciso en tanto que un análisis exhaustivo de las especificaciones técnicas y condiciones óptimas de aplicación de una determinada tecnología, requieren ser analizados independientemente. Por lo anterior, se sugiere que en el análisis multicriterio se considere el criterio técnico independiente.

Reconociendo el valor de la base de datos Tech-wiki, donde se reportan tecnologías con potencial de reducción de GEI, es conveniente dar las señales a los consultores de identificar otras fuentes de información especializadas y que reportan tendencias recientes sobre las tecnologías. En nuestro caso, la base de datos Tech-wiki fue complementada con información de centros de investigación y desarrollo en combustión, calentamiento, eficiencia energética, bancos de patentes, listado de proveedores de tecnologías y ejercicios de vigilancia tecnológica, tal como se reportó en el anexo 2.

Cuando se realizan los talleres con participación de los actores, en países con escasa tradición tecnológica y de no familiaridad con los problemas del cambio climático. Puede darse la situación en la que alguno de los actores participantes realice subestimaciones en la ponderación del criterio asociado a la reducción de gases de efecto invernadero, para lo cual la metodología debe prever mecanismos para manejar esta situación, particularmente en aquellas donde la argumentación no es suficiente. Fue el caso que se presentó en el taller de priorización de las tecnologías en el sector ladrillero, donde los actores no llegaron a un consenso.

No obstante las bondades de la metodología TNA, se recomienda en futuros trabajos se tengan en cuenta las siguientes situaciones:

- No establece criterios ni sugerencias para la coordinación de la implementación del plan de acción.
- No se definen criterios o procedimientos que permitan articular fuentes de financiación nacional con las fuentes de cooperación internacional.
- En países con diversidad de regiones, como el caso de Colombia, la metodología TNA debe prever en la selección de los actores una presencia importante de actores regionales, en tanto es posible que varias medidas del plan de acción se ejecuten a nivel regional.

## CAPÍTULO 5 IDEAS DE PROYECTO SUBSECTOR METALMECÁNICO.

**PROGRAMA: TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS DE COMBUSTIÓN Y CALENTAMIENTO ECOEFICIENTES PARA EL SECTOR METALMECÁNICO CON PROCESOS DE ALTA TEMPERATURA.**

### 5.1 Resumen del programa.

Como resultado del análisis de barreras y medidas para superarlas y lograr la transferencia de las tecnologías priorizadas en el sector metalmecánico surge el programa de transferencia de tecnologías de combustión y calentamiento ecoeficientes para el sector metalmecánico con procesos de altas temperaturas. Este programa se deriva del plan de acción elaborado para las tres tecnologías eficientes que se buscan implementar en el sector para la mitigación del cambio climático, en donde se visualizó la posibilidad de desarrollar pequeños proyectos quienes serían los impulsores de la transferencia tecnológica, es decir estos serían el punto de partida para llevar a cabo en su totalidad el plan de acción propuesto.

Mediante el examen realizado a las tecnologías del sector, se encontró que las principales barreras a superar para una exitosa transferencia son las relacionadas con problemas de escala de producción, estructuración de proyectos que permitan aprovechar los beneficios que ofrecen entidades de I+D, entidades financieras y de cooperación internacional, débil cultura en temas de combustión y eficiencia energética por parte de entidades que estructuran políticas y especialmente por parte de las pymes, y por último la débil formación de personal que permita la operación óptima y eficiente de las tecnologías.

Lo anterior justifica el planteamiento de 5 proyectos, los cuales buscan que se realice la transferencia de tecnologías de alta eficiencia energética con mínimas emisiones de GEI, las cuales tengan un tamaño de escala económica adaptable a las Pymes, y estarán dirigidas a procesos de fusión de metales (ferrosos y no ferrosos), forjado, tratamientos térmicos y galvanizado. Lo anterior se complementa con medidas que buscan superar las barreras que no solo dificultan la transferencia de las tecnologías, sino que además impiden que estos proyectos se sostengan y tengan buenos resultados que sirvan de referencia para el desarrollo de proyectos futuros.

La justificación, estructuración, descripción de actividades, calendario y costos de implementación de los proyectos pertenecientes al programa se describen a continuación.

### 5.2 Introducción.

El sector metalmecánico en el segmento Pymes con procesos de alta temperatura tales como fusión de materiales ferrosos y no ferrosos, forja, tratamientos térmicos y galvanizado en caliente, es de gran importancia en la economía nacional, entre tanto es un proveedor de componentes y accesorios para los sectores manufacturero, minero-energético, automotriz y de la construcción, y contribuye a la generación de empleo. Por estas razones fue seleccionado como uno de los sectores prioritarios y objetivo del proyecto Evaluación de las Necesidades Tecnológicas para la Mitigación del Cambio Climático en el Sector Industrial.

El diagnóstico y análisis del perfil energético y del estado actual de los sistemas de combustión y calentamiento, como también del tamaño de su escala de producción, organización industrial y cultura tecnológica, refleja las siguientes características:

- Sistemas de combustión y calentamiento en la mayoría de situaciones, con alto grado de obsolescencia tecnológica, bajas eficiencias energéticas (menores de 30%), grandes emisiones de gases de efecto invernadero, emisiones gaseosas y material particulado que afectan la calidad del aire y condiciones de salud ocupacional.
- El tamaño de las escalas de producción, con excepción de las empresas medianas, en su mayoría no es aceptable al rango de producción de tecnología estándar de alta eficiencia energética, hoy disponibles comercialmente. Situación que se agudiza porque en muchos casos se utilizan energéticos no convencionales, como el aceite quemado, madera y llantas.
- Deficiente cultura tecnológica y alto grado de resistencia a la asociatividad, en las micro y pequeñas empresas, lo cual impide la absorción de tecnologías más eficientes al no poder seguir el cambio tecnológico en este campo. Así mismo, renunciar a implementar organizaciones industriales más formales, estándar y adecuadas escalas de producción.

Se ha encontrado que la transferencia de tecnologías de combustión y calentamiento electromagnético, modernas y de gran eficiencia tiene grandes barreras en este sector, entre ellas se destacan: la escala de producción no es adaptable a las tecnologías estándar, las Pymes no tienen capacidad financiera para la adquisición de las tecnologías, dispersión y bajos niveles de producción, escasez de personal técnico capacitado para el mantenimiento y servicio de postventa de la nueva tecnología.

De otro lado, el gobierno colombiano ha estructurado la política de desarrollo nacional bajo en carbono, la cual tiene como objetivo reducir y controlar las emisiones de GEI, para ser del país un referente internacional en cuanto a una baja carbono intensidad, sin sacrificar las metas de crecimiento económico, pero también garantizando que esta política genere en el sector productivo co-beneficios en reducción de costo de producción, productividad y competitividad en los mercados internacionales. En este contexto programas de transferencia tecnológica que incrementen la eficiencia energética y en consecuencia la reducción de GEI, con beneficios complementarios, son de la mayor pertinencia en el sector metalmecánico colombiano.

Las características examinadas del sector, la urgencia de superar las barreras examinadas para hacer viable la transferencia de tecnologías de combustión y calentamiento de alta eficiencia y reducidas o nulas emisiones de GEI, así mismo la articulación del sector metalmecánico a la política nacional de desarrollo bajo en carbono, justifica la estructuración y ejecución de un Programa de Transferencia de Tecnologías de Combustión y Calentamiento Ecoeficientes para el sector metalmecánico con procesos de alta temperatura, el cual requiere del apoyo técnico y financiero de entidades nacionales y cooperación internacional. Este programa se compone de los siguientes cinco (5) proyectos:

- Proyecto 1: Proyectos demostrativos y de modernización tecnológica.
- Proyecto 2: Proyecto de implementación de parques industriales en las cuatro grandes centros urbanos del país.

- Proyecto 3: Proyecto de formación de tecnólogos especializados en procesos de combustión y calentamiento electromagnético.
- Proyecto 4: Proyecto para el fortalecimiento de capacidades nacionales de fabricación, adaptación y comercialización de tecnologías eficientes de combustión y calentamiento.
- Proyecto 5: Proyecto para la estructuración de mecanismos para aprovechar incentivos financieros existentes.

### **5.3 Objetivos.**

#### **Objetivo general.**

- Ejecutar un programa de transferencia de tecnologías de alta eficiencia energética y reducidas o nulas emisiones de GEI, las cuales sean adaptables a la escala económica de las Pymes con procesos de alta temperatura del sector metalmecánico colombiano, para lo cual se tendrán como procesos objetivos: fusión de metales no ferrosos, fusión de materiales ferrosos, forjado, tratamientos térmicos y galvanizado en caliente.
- Implementar un conjunto de medidas de tipo técnico, financiero y de consolidación de capacidades técnicas nacionales, que contribuyan a la superación de las barreras que puedan interferir en la transferencia de las tecnologías, pero que garanticen también la sostenibilidad de los proyectos a largo plazo.

#### **Objetivos específicos.**

- *Proyecto 1: Proyectos demostrativos y de modernización tecnológica.*  
Realizar proyectos demostrativos que expongan las ventajas comparativas que ofrecen las tecnologías así como la relación costo beneficio con el fin de incentivar a la pymes a la reconversión tecnológica.
- *Proyecto 2: Proyecto de implementación de parques industriales en las cuatro grandes centros urbanos del país.*  
Definir las condiciones para el diseño de los parques industriales, identificación de las pymes a ubicar, adquirir recursos de financiación y para la construcción y puesta en operación.
- *Proyecto 3: Proyecto de formación de tecnólogos especializados en procesos de combustión y calentamiento electromagnético.*  
Estructurar y promover un programa de formación en tecnologías de combustión y calentamiento, preferiblemente en las regionales del SENA situadas en Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla.
- *Proyecto 4: Proyecto para el fortalecimiento de capacidades nacionales de fabricación, adaptación y comercialización de tecnologías eficientes de combustión y calentamiento.*  
Definir condiciones para la consolidación de fabricantes nacionales para la fabricación, adaptación, transferencia y servicios de post venta de las tecnologías.
- *Proyecto 5: Proyecto para la estructuración de mecanismos para aprovechar incentivos financieros existentes.*  
Promover la organización de entes consultoras que se especialicen en sensibilización a las pymes para la estructuración, presentación y negociación de proyectos, que

requieren de financiación para el desarrollo de las actividades requeridas en el proceso de transferencia tecnológica.

## 5.4 Productos Actores y Beneficiarios.

En la Tabla 63 se describen los actores, beneficiarios y productos para los proyectos que componen el programa:

Tabla 63 Actores, beneficiarios y productos para cada proyecto.

PROYECTO	ACTORES	BENEFICIARIOS	PRODUCTOS
<i>Proyectos 1: Proyectos demostrativos y de modernización tecnológica.</i>	Comité de competitividad regional. Secretarías departamentales y/o municipales de productividad y competitividad. Proveedores de tecnología. Asociaciones de pymes. Grupos de investigación. Programa de transformación productiva. Cámara de comercio. Reducción de emisiones GEI. Ahorro de combustible. Mejora en productividad y competitividad.	Pymes con procesos de fusión de materiales ferrosos, no ferrosos, tratamientos térmicos, forja y galvanizado en caliente; ubicadas en Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla.	Subsector no ferrosos: Sustitución en 20 pymes de los hornos convencionales por hornos de crisol. Reducción de GEI entre 2246 a 5616 Ton/año para el subsector. Ahorros de combustible del 62%.
			Subsector ferrosos: Sustitución en 20 pymes de los hornos convencionales por hornos de inducción. Reducción de GEI entre 7915 a 13856 Ton/año para el subsector.
			Subsector <i>tratamientos térmicos, forjado y galvanizado en caliente</i> : Sustitución en 20 pymes de los quemadores actuales, por quemadores auto recuperativo y auto regenerativo. Reducción de GEI entre 7915 a 13856 para el subsector. Ahorros de combustible del 57%.
<i>Proyecto 2: Implementación de parques industriales en las cuatro grandes.</i>	Oficinas de ordenamiento municipal.	Pymes con baja escala de producción y con problemas de inversión y formalización empresarial.	Instalación de cuatro parques industriales para la producción de materiales no ferrosos y ferrosos, con producción promedio entre 500 a 1000 toneladas días.
<i>Proyecto 3: Proyecto de formación de tecnólogos especializados en procesos de combustión y calentamiento electromagnético</i>	Sena. Grupos de investigación. Asociaciones de pymes.	Pymes con procesos de alta temperatura. Proveedores de tecnologías.	Crear de un programa de formación técnica y divulgación en las sucursales del Sena, situadas en los cuatro grandes centros urbanos. Implementación de cuatro laboratorios para actividades experimentales de combustión y calentamiento.
<i>Proyecto 4: Proyecto para el fortalecimiento de capacidades nacionales de fabricación</i>	Proveedores de tecnologías. Colciencias. iNNpulsa	Pymes con procesos de fusión de materiales ferrosos, no ferrosos, tratamientos térmicos, forja y	Desarrollar al menos un proveedor nacional por cada tecnología priorizada.



		galvanizado. Empresas anclas de los sectores minero energético, automotriz y fabricante de electrodomésticos y gasodomésticos.
<i>Proyecto 5: Proyecto para la estructuración de mecanismos para aprovechar incentivos financieros existentes</i>	ESCO. Consultores. Colciencias. Fondo de regalías de Ciencia y Tecnología. Cámaras de Comercio. UPME.	Pymes con proceso de alta temperatura. Empresas anclas de los sectores minero energético, automotriz y fabricante de electrodomésticos y gasodomésticos.
		Formulación de cuatro proyectos para la financiación de los cuatro parques industriales. Formulación de proyectos para la financiación de los ocho proyectos demostrativos. Formulación de un proyecto para la financiación de los cuatro laboratorios de los programas de formación tecnológica en combustión y calentamiento. Formulación de tres proyectos para la financiación de los modelos de negocio de los tres proveedores nacionales de las tecnologías priorizadas.

## 5.5 Relación con las prioridades de desarrollo sostenible del país.

Colombia ha venido en los últimos 12 años estructurando políticas públicas, las cuales crean un marco favorable para un desarrollo sostenible[1, 48], entre estas se destacan:

- Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono
- Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes no Convencionales de Energía-PROURE.

En el contexto de estas políticas de desarrollo sostenible, los objetivos del programa están en completa armonía con las mencionadas políticas en tanto es posible lograr los siguientes resultados e impactos:

- Incremento de la Eficiencia Energética en los sistemas de combustión y ahorro de combustible hasta en un 62%, con respecto a la situación actual.
- Reducción de emisiones de GEI por unidad másica de producto entre un 50% y 90%, con respecto a la situación actual.
- Reducción de los costos de producción por el ahorro de combustible y disminución de componentes defectuosos al tener mejor calidad en el calentamiento, con ello se garantiza mayor competitividad de las Pymes y conservación o mayor generación de empleos.
- Mejores condiciones de salud ocupacional, con lo cual se mejoran las condiciones de salubridad en los recintos de trabajo.

## 5.6 Alcances del programa.

El programa tiene los siguientes alcances:

### *Proyectos demostrativos y de modernización tecnológica.*

Para las pymes cuyos volúmenes de producción sean adaptables a la escala de producción de la tecnología, que en su historia productiva haya tenido renta líquida y cuya dirección gerencial o propietarios tengan sensibilidad por el cambio tecnológico, tiene la posibilidad de acceder directamente a la transferencia de las tecnologías priorizadas. En este contexto se seleccionaran pymes para realizar los siguientes proyectos de transferencia:

- Transferencia de horno de crisol autoregenerativo a Pymes con procesos de fusión de metales no ferrosos: aluminio, oro, cobre, bronce, latón, zamac y magnesio.
- Transferencia de hornos de inducción y/o horno de crisol autoregenerativo a Pymes con procesos de fusión de materiales ferrosos: acero, fundición gris, fundición nodular.
- Transferencia de quemadores autorecuperativos y autoregenerativos a Pymes con procesos de tratamientos térmicos, forja y galvanizado en caliente.

Para la selección de las pymes que pueden acceder directamente a la transferencia de las tecnologías, dependiendo de los requerimientos específicos de sus respectivos procesos y ubicadas en las ciudades de Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla, se sugiere aplicar la ruta definida en el Plan de acción presentado en el Capítulo 2, de la parte 2 del informe (ver Línea estratégica de acción 1, Figura 19)

- Primero, identificación de las empresas por proceso productivo. Esto se hace a través de los registros de las Cámaras de Comercio de las respectivas ciudades y de los estudios de diagnósticos energéticos realizados en el sector y que se encuentren disponibles.
- Segundo, análisis de las características económicas y técnicas de las empresas: volumen de producción, número de trabajadores, ventas anuales, renta líquida en los dos últimos años, características de los equipos instalados, perfil energético y nivel de formación de la gerencia y/o propietario.
- Tercero, aplicación de los criterios de preselección:
  - ✓ Volumen de producción con posibilidades de adaptación a las especificaciones técnicas de la tecnología a aplicar.
  - ✓ Sensibilidad de la gerencia y/o propietarios a la eficiencia energética, producción limpia y seguimiento de nuevas tecnologías.
  - ✓ Posibilidades de sostenibilidad en el mercado a mediano y largo plazo.
  - ✓ Tradición de la gerencia y/o propietarios para la gestión de recursos requeridos en el negocio.
- Cuarto, aplicación de los criterios de selección:
  - ✓ Capacidad de la empresa, en el compromiso de contrapartidas en especie y/o recursos financieros.

- ✓ Capacidad de la empresa para gestionar recursos financieros complementarios.
- ✓ Nivel de formación técnica de los operarios, alternativamente disposición de estos para acometer formación en tecnologías de combustión y calentamiento electromagnético.
- ✓ Compromiso de la empresa para permitir que el proyecto de reconversión, sirva como piloto o referencia, así como también para la divulgación de la relación costo-beneficio del programa.

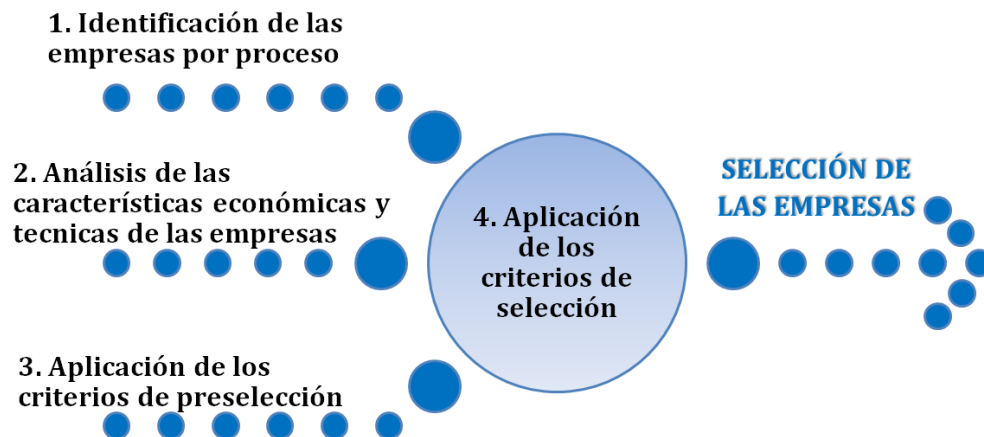


Figura 20 Ruta para la selección de pymes que participarán potencial en el programa de modernización tecnológica.

### ***Proyecto de implementación de parques industriales en las cuatro grandes centros urbanos del país.***

Se trata de diseñar y construir cuatro parques industriales en los que se integren los procesos de fusión de materiales no ferrosos, fusión de ferrosos, tratamientos térmicos, forjado, galvanizado en caliente, servicios auxiliares y laboratorios de control de calidad, con lo cual se pretende la instalación en el parque de las Pymes que por su nivel de producción, no pueden acceder individualmente a las tecnologías a transferir en su especificación técnica mínima, como tampoco a servicios complementarios como laboratorios de inspección y control de calidad.

Los parques industriales estarán constituidos por los siguientes componentes:

- Integración todos los procesos de combustión y calentamiento electromagnético, de tal forma que se garanticen la producción de materiales ferrosos, materiales no ferrosos, tratamientos térmicos, forjado y galvanizado en caliente
- Se dispondrá de un sistema común de auxiliares: planta de generación de respaldo, circuitos eléctricos en baja y alta tensión, circuitos de aire comprimido y circuito de refrigeración y aire acondicionado.
- Laboratorio de control de calidad.
- Administración y mecanismos de mercadeo.

### ***Proyecto de formación de tecnólogos especializados en procesos de combustión y calentamiento electromagnético.***

Se trata que en cooperación de grupos de investigación y el SENA se estructure y desarrolle en las seccionales del SENA, situadas en los cuatro grandes centros urbanos, un programa de tecnologías especializadas en procesos de combustión y calentamiento electromagnético. El objetivo es disponer de recurso humano de alta calificación para dar soporte a las actividades de operación, ajuste, mantenimiento y servicios de postventa de la tecnología, para garantizar la obtención de resultados en el corto plazo, la disponibilidad y confiabilidad en la operación de las tecnologías, la viabilidad técnica y económica del proyecto en largo plazo.

***Proyecto para el fortalecimiento de capacidades nacionales de fabricación, adaptación y comercialización de tecnologías eficientes de combustión y calentamiento.***

Se trata de estructurar modelos de negocio para fortalecer a los proveedores nacionales de tecnología, tal que superen barreras financieras y limitaciones técnicas con infraestructura necesaria para la fabricación y/o comercialización de las tecnologías.

***Proyecto para la estructuración de mecanismos para aprovechar incentivos financieros existentes.***

Este proyecto busca reducir los costos de inversión de las tecnologías, como también facilitar la financiación para la adquisición de las tecnologías acorde a la capacidad financiera de las Pymes. Además de esto se busca desarrollar sistemas para la gestión de la información que compile los programas de financiación nacionales e internacionales aplicables al sector metalmecánico. Para el uso del aplicativo, la empresa aspirante ingresa los datos básicos y el tipo de renovación que pretende implementar, y la aplicación arroja el listado de entidades y programas más factibles para realizar una solicitud; mostrando las características y requisitos exigidos. De esta manera, se concentra en un solo punto (facilitando) toda la oferta disponible de entidades de cooperación, programas de financiación, requisitos y condiciones exigidas.

## **5.7 Actividades del programa.**

***Proyectos demostrativos y de modernización tecnológica.***

- Inventario y registro de Pymes con potencial para la transferencia de la tecnología. Incluye el inventario de las pymes con proyectos ya instalados que utiliza una de las tecnologías a transferir, por ejemplo las que usan el horno de inducción electromagnético para la fusión de materiales ferrosos.
- Divulgación y sensibilización a los empresarios de las Pymes.
- Definición de los mecanismos para capturar incentivos y para la financiación de la transferencia.
- Concertación con proveedores nacionales e internacionales de tecnología.
- Realización de proyectos pilotos demostrativos y/o evaluación de proyectos de referencia, es decir, proyectos que ya utilizan una de las tecnologías priorizadas.
- Diseminación y comercialización de las tecnologías.

***Proyecto de construcción de parques industriales.***

- Definición e implementación de la estrategia y mecanismos de financiación de los cuatro parques.
- Diseño y estructuración de los parques.
- Sensibilización y motivación a Pymes para instalarse en los parques.
- Definición del modelo administrativo, operativo y comercial de los parques.
- Construcción de los parques.
- Instalación de las Pymes en los parques.

***Proyecto de formación de tecnólogos especializados en procesos de combustión y calentamiento electromagnético.***

- Seleccionar la institución que operará el programa (SENA) y definición de mecanismo de articulación con otros actores interesados en el programa.
- Definición de los objetivos específicos, alcances y estructuración académica del programa.
- Estructuración e implementación de la componente experimental del programa.
- Definición del perfil de los aspirantes.
- Realizar la primera convocatoria de aspirantes.

***Proyecto para el fortalecimiento de capacidades nacionales de fabricación, adaptación y comercialización de tecnologías eficientes de combustión y calentamiento.***

- Inventario y sensibilización de actores con potencial para participar en el programa.
- Inventario de capacidades ya existentes en el país, para la fabricación de componentes y accesorios que requieran las tecnologías en su desarrollo.
- Estructuración del modelo de negocio, para la transferencia de las tecnologías.
- Realización de las primeras ventas mediante contratos de fabricación para los proyectos pilotos.

***Proyecto para la estructuración de mecanismos para aprovechar incentivos existentes para reducir los costos de inversión de las tecnologías, como también para financiación de la adquisición de las tecnologías acorde a la capacidad financiera de las Pymes.***

- Conformar en las regiones grupos de expertos en la formulación de proyectos para presentar a las convocatorias: Colciencias, iNNpulsa y fondo de Regalías para Ciencia y Tecnología. Aprovechar la resolución 0186 (2012 del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible) de exención del IVA [35].
- Estructuración de proyectos para la presentación ante entidades de cooperación internacional.
- Acompañamiento por los expertos a proveedores de tecnologías y Pymes, para la elaboración, presentación de los proyectos y seguimiento a la evolución y contratación.
- Crear aplicación de computador o página web donde se recopilen y clasifiquen las diferentes convocatorias disponibles, y según el perfil del aspirante se le asesore a qué entidad o programa es más recomendable presentar el proyecto.

## 5.8 Cronograma del programa.

Se estima la ejecución de todas a las actividades descritas en los respectivos programas, para un periodo de cinco años, el cronograma de las actividades que se buscan desarrollar para llevar a cabo los proyectos planteados se describe detalladamente en la Tabla 64.

**Tabla 64 Cronograma para la ejecución de los proyectos planteados en el sector metalmeccánico**

Proyecto	Actividad/Año	1	2	3	4	5
1. Proyectos demostrativos y de modernización tecnológica.	Inventario y registro de Pymes con potencial y también aquellas con proyectos ya instalados.	■	■			
	Divulgación y sensibilización a los empresarios de las Pymes.	■	■			
	Concertación con proveedores nacionales e internacionales de tecnología.	■	■			
	Realización de proyectos pilotos demostrativos y/o evaluación de proyectos de referencia.		■	■	■	
	Diseminación y comercialización de las tecnologías.				■	■
2. Construcción de parques industriales.	Definición e implementación de la estrategia y mecanismos de financiación.	■	■			
	Diseño y estructuración de los parques.	■	■			
	Sensibilización y motivación a Pymes.	■	■			
	Definición del modelo administrativo, operativo y comercial.	■	■			
	Construcción de los parques.		■	■	■	
	Instalación de las Pymes en los parques.				■	■
3. Formación de tecnólogos especializados en procesos de combustión y calentamiento electromagnético	Seleccionar la institución y definir el mecanismo de articulación con otros actores interesados.	■	■			
	Definición de objetivos, alcances y programa académico.	■	■			
	Estructuración e implementación de la componente experimental del programa	■	■			
	Definición del perfil de los aspirantes.	■	■			
	Realizar la primera convocatoria de aspirantes.		■			
4. Fortalecimiento de capacidades nacionales de fabricación, adaptación y comercialización de tecnologías eficientes de combustión y calentamiento.	Inventario y sensibilización de actores	■	■			
	Inventario de capacidades ya existentes en el país.	■	■			
	Estructuración del modelo de negocio.		■	■		
	Realización de las primeras ventas mediante contratos de fabricación para los proyectos pilotos.				■	■
5. Estructuración de mecanismos para aprovechar incentivos existentes para reducir los costos de inversión de las tecnologías y facilitar su financiación.	Conformar en las regiones grupos de expertos en la formulación de proyectos para presentar a las convocatorias: Colciencias, iNNpulsa y fondo de Regalías para Ciencia y Tecnología. Aprovechar la resolución 0186 de 2012-del MADS	■	■			
	Estructuración de proyectos para la presentación ante entidades de cooperación internacional.	■	■		■	
	Acompañamiento por los expertos a proveedores de tecnologías y Pymes, para la elaboración, presentación de los proyectos y seguimiento a la evolución y contratación	■	■		■	■
	Crear aplicación de computador o página web donde se recopilen y clasifiquen las	■	■			

diferentes convocatorias disponibles.				
---------------------------------------	--	--	--	--

## 5.9 Indicadores y seguimiento.

### *Proyectos demostrativos y de modernización tecnológica.*

- Número de proyectos demostrativos.
- Número de reconversiones tecnológicas.

*Control:* Seguimiento a las pymes que estén interesadas en la instalación de las tecnologías, así como de la operación y efectos de los beneficios en aquellas que ya estén instaladas.

### *Proyecto de construcción de parques industriales.*

- Número de empresas localizadas en cada parque.
- Número de procesos de alta temperatura integrados en el parque.
- Volúmenes de producción por componente metalmecánico en cada parque.
- Número de empleos generados.

*Control:* Seguimiento al proceso de selección de pymes, diseño y construcción de parques, así como a las estrategias de financiación y operación.

### *Proyecto de formación de tecnólogos especializados en procesos de combustión y calentamiento electromagnético.*

- Número de programas en funcionamiento.

*Control:* Seguimiento a la estructuración del programa, a la puesta en marcha y la inserción de los egresados.

### *Proyecto para el fortalecimiento de capacidades nacionales de fabricación, adaptación y comercialización de tecnologías eficientes de combustión y calentamiento.*

- Número de fabricantes nacionales de las tecnologías priorizadas.
- Número de representantes comerciales en capacidad de adaptación y servicios de posventa.
- Número de consultores en aplicación de las tecnologías priorizadas.

*Control:* Seguimiento a las estrategias para el fortalecimiento de fabricantes, al número de fabricantes y comercializadores en operación.

### *Proyecto para la estructuración de mecanismos para aprovechar incentivos existentes para reducir los costos de inversión de las tecnologías, como también para financiación de la adquisición de las tecnologías acorde a la capacidad financiera de las Pymes.*

- Número de firmas o consultoras especializadas.
- Número de proyectos presentados.

*Control:* Conocimiento de los mecanismos existentes, constitución de estructuradores de proyecto, calidad de los proyectos presentados y posibilidad de éxito.

### **5.10 Complicaciones y retos.**

Se considera que en la concepción y ejecución del programa se pueden presentar las siguientes complicaciones y retos:

#### **Complicaciones.**

- Carencia de una institución que lidere y coordine el desarrollo del programa
- Limitaciones en la concertación y ejecución de cada uno de los proyectos del programa.
- Los recursos programados para soportar financieramente los proyectos tengan dificultades en su ejecución, por lentitud en los trámites de aprobación y por la no aprobación en las solicitudes de formulación de los proyectos.
- Falta de articulación y coordinación entre fuentes de cooperación técnica y financiación, provenientes de entidades nacionales, internacionales o combinación de ambas.

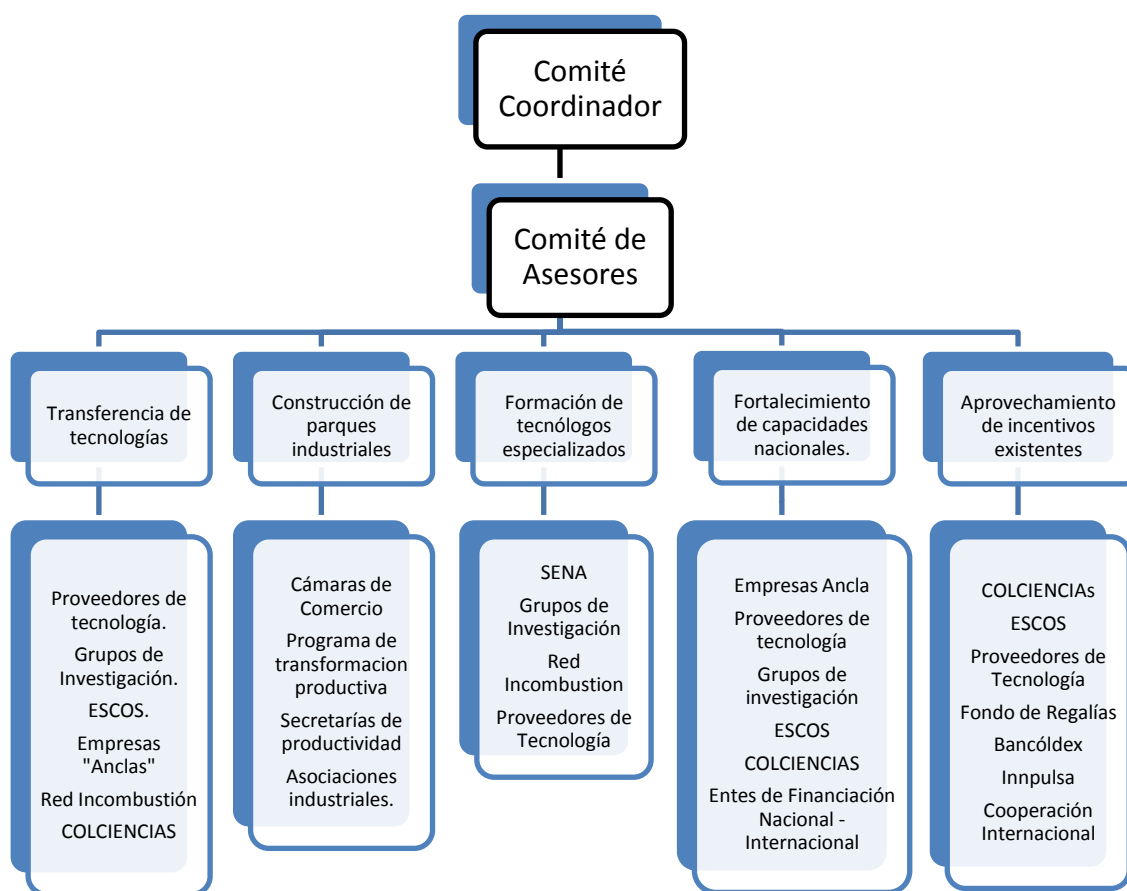
#### **Retos.**

- Garantizar la obtención de los objetivos del programa en el contexto de la política de desarrollo de bajo carbono.
- Garantizar la sostenibilidad del programa en el largo plazo, una vez terminado los cinco años de ejecución del programa.
- Blindar la ejecución del programa a los posibles cambios que puedan darse en la estructuración de políticas públicas que los puedan afectar.

### **5.11 Coordinación y responsabilidades.**

Para el desarrollo del programa de Transferencia de Tecnologías de Combustión y Calentamiento Ecoeficientes para el Sector Metalmecánico con Procesos de Alta Temperatura, se propone un comité coordinador integrado por el Ministerio de Medio Ambiente; oficina de cambio climático, Ministerio de Minas y Energía; Unidad de Planeación Minero Energética y programa PROURE, y Ministerio de Industria y Comercio; programa de transformación productiva nacional, el cual debe ser presidido por el Ministerio de Medio Ambiente. El comité coordinador tendrá el respaldo de los siguientes comités asesores como se muestra en la Figura 21.





**Figura 21** Comité coordinador del programa de Transferencia de Tecnologías de Combustión y Calentamiento Ecoeficientes para el Sector Metalmeccánico con Procesos de Alta Temperatura.

El comité coordinador tendrá como funciones la coordinación general, seguimiento e interlocución con las entidades de cooperación internacional. Los comités asesores realizarán actividades específicas en función de los proyectos y planes de acción que constituyen el programa general.

El comité de transferencia tecnológica se encargará que los proyectos de transferencia sean instalados y puestos en operación. El comité de construcción de parques industriales será encargado de gestionar todas las actividades requeridas para el diseño, financiación, puesta en operación y organización de los parques. El comité de formación de tecnólogos especializados se encargará de la estructuración del programa académico, el diseño de la infraestructura experimental requerida, de la definición de los perfiles de los aspirantes y la puesta en operación del programa. El comité de fortalecimiento de las capacidades nacionales se encargará de identificar a nivel nacional la capacidad de fabricación, adaptación, importación y comercialización de las tecnologías a transferir, y así mismo proveer la coordinación con otros actores. El comité de aprovechamientos de incentivos existentes se encargará de identificar la aplicación de incentivos financieros y tributarios disponibles para la financiación de los proyectos que constituyen el programa.

## 5.12 Costo estimado del programa.

Para cada actividad desarrollada se asocia un costo, la suma de estos determinara el costo total de programa de transferencia de tecnologías, en la Tabla 65 se presenta una descripción detallada de estos.

**Tabla 65 Costos del programa de transferencia de tecnologías para el sector metalmeccánico.**

PROYECTO	ACTIVIDAD	COSTOS
1. Proyectos demostrativos y de modernización tecnológica.	Inventario y registro de Pymes con potencial y también aquellas con proyectos ya instalados.	\$20 mil dólares para estudio de identificación y evaluación integral de proyectos de regencia instalado en Colombia. Fuente de financiación: Entidades de cooperación Internacional.
	Divulgación y sensibilización a los empresarios de las Pymes.	\$70 mil dólares. Fuente de financiación Ministerio de Minas (Programa PROURE) y Ministerio de Comunicaciones.
	Concertación con proveedores nacionales e internacionales de tecnología.	No Aplica
	Realización de proyectos pilotos demostrativos y/o evaluación de proyectos de referencia.	\$480 mil dólares por 8 proyectos pilotos, sin incluir el costo de la tecnología, la cual debe ser garantizada por el proveedor. Fuente de financiación: COLCIENCIAS BID, Innpulsa, Bancóldex y fuentes de cooperación internacional.
	Diseminación y comercialización de las tecnologías.	Horno de inducción: \$250 mil dólares. Horno de crisol: \$60 mil dólares. Quemadores autorecuperativos: \$10 mil dólares. Quemadores autoregenerativos: \$46 mil dólares.
<b>Total proyecto 1</b>		<b>\$936 USD</b>
2. Construcción de parques industriales.	Definición e implementación de la estrategia y mecanismos de financiación.	Costo de personal encargado para la asesoría en la estructuración del proyecto. \$10 mil dólares. Fuente: Cooperación Internacional
	Diseño y estructuración de los parques.	Entre 1 y 1.5 millones de dólares por parque industrial, incluyendo costo de la tecnología, obras civiles, servicios auxiliares. Fuente: Fondo de regalías para ciencia y tecnología y entidades de cooperación internacional.
	Sensibilización y motivación a Pymes.	
	Definición del modelo administrativo, operativo y comercial.	
	Construcción de los parques.	
Instalación de las Pymes en los parques.		
<b>Total proyecto 2</b>		<b>1 y 1.5 millones de dólares, por parque industrial.</b>
3. Formación de tecnólogos especializados en procesos de combustión y calentamiento electromagnético	Seleccionar la institución y definir el mecanismo de articulación con otros actores interesados.	\$300 mil dólares por programa. Fuente de financiación Sena.
	Definición de objetivos, alcances y programa académico.	
	Estructuración e implementación de la componente experimental del programa	
	Definición del perfil de los aspirantes.	
	Realizar la primera convocatoria de aspirantes.	
<b>Total proyecto 3</b>		<b>\$300 mil dólares por programa.</b>
4. Fortalecimiento de capacidades nacionales de fabricación,	Inventario y sensibilización de actores	Se incluye en el costo de sensibilización a empresarios de las Pymes, ya que esta medida involucra la sensibilización incluye a los

adaptación y comercialización de tecnologías eficientes de combustión y calentamiento.		organismos formuladores de políticas públicas, entidades financieras, entre otros.
	Inventario de capacidades ya existentes en el país.	\$20 mil dólares para financiar un estudio de consultoría para la evaluación de capacidades nacionales. Fuente: Innpulsa, Bancóldex y entidades de cooperación internacional.
	Estructuración del modelo de negocio.	No aplica, hace parte de la estrategia de negocios de ESCOS, proveedores, financiadores e instituciones de fomento.
	Realización de las primeras ventas mediante contratos de fabricación para los proyectos pilotos.	No Aplica
<b>Total proyecto 4</b>		<b>\$20 mil USD</b>
5. Estructuración de mecanismos para aprovechar incentivos existentes para reducir los costos de inversión de las tecnologías y facilitar su financiación.	Conformar en las regiones grupos de expertos en la formulación de proyectos para presentar a las convocatorias: Colciencias, iNNpulsa y fondo de Regalías para Ciencia y Tecnología. Aprovechar la resolución 0186 de 2012-	Costo de personal encargado para la asesoría en la estructuración del proyecto. \$10 mil dólares. Fuente: Entidades de Cooperación, MADS, iNNpulsa y fondo de Regalías para Ciencia y Tecnología.
	Estructuración de proyectos para la presentación ante entidades de cooperación internacional. Acompañamiento por los expertos a proveedores de tecnologías y Pymes, para la elaboración, presentación de los proyectos y seguimiento a la evolución y contratación.	\$40 mil dólares, para la financiación de una consultoría que revise experiencias internacionales para asimilar mejores prácticas y diseñe un mecanismo efectivo de coordinación, acción y seguimiento de los programas de cooperación internacional. Fuente: Entidades de Cooperación y MADS
	Crear aplicación de computador o página web donde se recopilen y clasifiquen las diferentes convocatorias disponibles.	\$ 5 mil dólares.
<b>Total proyecto 6</b>		<b>\$55 mil USD</b>
<b>COSTOS TOTALES DEL PROGRAMA</b>		<b>\$6'945.000* USD</b>

\*Incluye 8 proyectos piloto, 4 parques industriales. No incluye la disseminación y comercialización de las tecnologías. Las cuales se suponen que se financian aprovechando los incentivos y esquemas de financiación blandos.

## CAPÍTULO 6 IDEAS DE PROYECTO SUBSECTOR LADRILLERO.

**PROGRAMA: MEJORA INTEGRAL DEL PROCESO DE COCCIÓN DE LADRILLO EN UNIDADES PRODUCTORAS DE BAJA Y MEDIA CAPACIDAD.**

### 6.1 Resumen del programa.

Como resultado del análisis de barreras y medidas para superarlas y lograr la transferencia de las tecnologías priorizadas en el sector ladrillero, surge el programa de mejora integral del proceso de cocción de ladrillo en unidades productoras de baja y media capacidad. Este programa se deriva del plan de acción elaborado para las tres tecnologías eficientes que se buscan implementar en el sector para la mitigación del cambio climático, en donde se visualizó la posibilidad de desarrollar pequeños proyectos quienes serían los impulsores de la transferencia tecnológica, es decir estos serían el punto de partida para llevar a cabo en su totalidad el plan de acción propuesto.

Mediante el examen realizado a las tecnologías del sector, se encontró que las principales barreras identificadas son las relacionadas con problemas de sociales, culturales y habilidades humanas, así como la dificultad en la estructuración de proyectos que faciliten el acceso a fuentes de financiación.

Para la superación de las barreras anteriormente descritas es clave realizar una combinación adecuada de las medidas expuesta en el plan de acción del sector ladrillero y disponer del presupuesto adecuado. De lo anterior se deriva el planteamiento de 4 proyectos los cuales buscan superar las principales barreras que dificultan la transferencia de tecnología eficientes para la mejora de los procesos de cocción de ladrillos y la reducción significativa de emisiones de GEI. Para la superación de barreras culturales y de habilidades humanas, se buscan desarrollar proyectos piloto demostrativos que estimulen a los empresarios de las ladrilleras y que venzan el escepticismo tecnológico de estos para una fácil penetración de la tecnología en el mercado, por otro lado se pretenden desarrollar programas de capacitación para formar personal en temas de combustión, calentamiento y buenas prácticas. Con respecto al acceso a fuentes de financiación se busca fomentar la estructuración de proyectos que califiquen para las líneas de crédito de innovación a largo plazo y riesgo tecnológico compartido.

La justificación, estructuración, descripción de actividades, calendario y costos de implementación de los proyectos pertenecientes al programa se describen a continuación.

### 6.2 Introducción.

La utilización del ladrillo rojo como material de construcción, especialmente para vivienda, ha sido una constante en Colombia. Ciudades como Bogotá, municipios aledaños y ciudades intermedias tienen como base de construcción este material porque es abundante, poco costoso, presenta buenas propiedades mecánicas y es buen aislante térmico. La utilización y producción de este material comienza desde 1890 cuando aparecieron las primeras ladrilleras artesanales en las regiones de Cundinamarca y Antioquia, fabricando ladrillos o bloques macizos [49].

Con el aumento de la población y la demanda de vivienda, el ladrillo se ha mantenido actualmente como materia prima indispensable en la construcción, especialmente en

estratos socioeconómicos medio bajos. Aunque también es ampliamente usado en obras arquitectónicas y en construcciones civiles diferentes a viviendas[49].

El proceso de elaboración del ladrillo ha permanecido casi sin cambios, las etapas básicas de mezclado, conformado, secado, cocción y empaque permanecen, lo que ha cambiado es la escala de producción y la maquinaria utilizada. El proceso de cocción es el más crítico durante la elaboración y de él, depende en gran parte la calidad y resistencia final del producto. Las tecnologías utilizadas para la cocción han sido hornos de tiro natural que utilizan principalmente carbón mineral y leña como fuente de combustible. En las ladrilleras de baja y media capacidad de producción, los hornos de cocción utilizados son los tipo colmena, pampa, árabe, fuego dormido. Estas tecnologías presentan una media de uso de 20 a 30 años sin variaciones significativas en su configuración, operación y control de la combustión. Son altamente contaminantes por emisión de material particulado, monóxido de carbono y son ineficientes (30-50%), por lo que se necesita gran cantidad de combustible para producir una unidad de producto.

La poca o nula reconversión tecnológica en los hornos de cocción de ladrillo por parte de los productores, ha sido causada principalmente por el modelo de negocio utilizado. La mayoría de ladrilleras pequeñas son unidades productoras familiares, que operan solo para la subsistencia de los integrantes del entorno familiar que no tienen planeado incrementar márgenes de ganancia o producción, bien sea porque técnicamente no pueden, no cuentan con personal suficiente o no cuentan con los recursos financieros necesarios. Por tal motivo, no se destinan recursos suficientes para mejorar el proceso, la operación, ni realizar un adecuado mantenimiento. De esta manera los hornos, así como el “*know-how*”, pasan de generación a generación sin cambio o mejora notable.

En las ladrilleras medianas, y también las pequeñas, el personal operativo presenta en términos generales un desconocimiento sobre los conceptos básicos de combustión, transferencia de calor y de la importancia de estos en la calidad del producto y en el consumo de energía en el proceso. Y muchas cosas de las que han aprendido –en muchos casos de manera acertada- han sido mediante procesos de ensayo y error o por enseñanza oral de una generación a otra. Por lo que los procesos de renovación, mejora o desarrollo que intervienen en el proceso normal de elaboración del ladrillo presentan avances lentos o encuentra resistencia al cambio.

La informalidad del sector, mayormente en las ladrilleras pequeñas, es otra barrera que impide la reconversión de los hornos de cocción por más eficientes y de menos emisión de gases de efecto invernadero. Al ser informales no pueden acceder a la banca comercial, se les dificulta participar en proyectos de reconversión y capacitación y desconfían de las entidades de cooperación puesto que creen que son entes policivos. Tampoco buscan producir un producto de buena calidad, homogéneo, cumplir regulaciones ambientales, ni generar condiciones aceptables de salud ocupacional para los operarios, ya que ello implicaría un aparente incremento en los costos de producción.

La oferta actual de tecnología eficiente para la cocción de ladrillo, se ha enfocado principalmente en sistemas de alto volumen de producción (mayor a 200 ton /día) en hornos tipo túnel o de rodillos de producción continua. Sin embargo, hay disponibles tecnologías eficientes para sistemas de producción en lotes y de baja capacidad, que se basan en un adecuado control de la combustión (dosificación correcta de aire y combustible) y la temperatura del proceso para incrementar la eficiencia energética y reducir emisiones de GEI.

El gobierno colombiano ha estructurado la política de Desarrollo Nacional Bajo en Carbono, que busca identificar y valorar acciones encaminadas a evitar el crecimiento acelerado de las emisiones de GEI a medida que los sectores crecen, y busca ejecutar acciones que contemplan todas aquellas medidas, intervenciones, políticas o programas que promuevan la mitigación de GEI o eviten su crecimiento en el largo plazo, que sean apropiadas para las condiciones nacionales y que no vayan en detrimento del crecimiento económico del país. Bajo este contexto, el programa de mejora integral del proceso de cocción de ladrillo en unidades productoras de baja y media capacidad es pertinente para el sector y contribuye a alcanzar los objetivos de política de Desarrollo Nacional Bajo en Carbono.

El programa para el sector ladrillero está compuesto por cuatro proyectos: (1) Estructuración y búsqueda de mecanismos para aprovechar los incentivos públicos y privados existentes para la financiación de proyectos de inversión y reconversión tecnológica de los hornos de cocción en ladrilleras. (2) Renovación de tecnologías eficientes de cocción de ladrillo. (3) Creación de una marca de ladrillo regional para la zona centro del país. (4) Creación de un programa de capacitación en combustión, calentamiento y buenas prácticas de operación, dirigido a trabajadores del sector ladrillero. La descripción de los objetivos, alcances, actividades y presupuesto para cada proyecto se describen a modo general.

### **6.3 Objetivos.**

#### **Objetivo General.**

Ejecutar un programa de mejora integral del proceso de cocción de ladrillo en unidades productoras de baja y media capacidad. Teniendo como bases la transferencia de tecnologías eficientes y de bajas emisiones de GEI, adaptadas a las escalas de producción y condiciones de operación de las ladrilleras.

#### **Objetivos Específicos.**

*Proyectos 1: Proyecto de estructuración y búsqueda de mecanismos para aprovechar los incentivos públicos y privados existentes para la financiación de proyectos de inversión y reconversión tecnológica de los hornos de cocción en ladrilleras.*

- Reunir, identificar y caracterizar todos los incentivos públicos y privados existentes; a nivel nacional e internacional, para la financiación de proyectos de inversión y reconversión tecnológica de los hornos de cocción en ladrilleras. Luego de caracterizados los incentivos se sugieren mecanismos alternativos de financiación.

*Proyecto 2: Proyecto de renovación de tecnologías eficientes de cocción de ladrillo.*

- Desarrollar y demostrar un sistema eficiente de combustión de aire forzado para cocción de ladrillo adaptable a la estructura y escala productiva actual de los hornos de las ladrilleras pequeñas.
- Desarrollar y evaluar un piloto de horno vertical semicontinuo para la cocción de ladrillo en la región de Cundinamarca. Se debe analizar la viabilidad económica del horno de acuerdo a la escala productiva de las ladrilleras pequeñas, y la viabilidad técnica de utilizar carbón mineral de la región como combustible.

- Desarrollar y evaluar un prototipo de horno MK2 adaptado a las condiciones geográficas, al tipo de producto y condiciones de operación en una de las siguientes regiones; Cundinamarca, Boyacá o Santander.

*Proyecto 3: Proyecto de creación de una marca de ladrillo regional para la zona centro del país.*

- Fortalecer el gremio de los pequeños y medianos productores de ladrillo, mediante la estandarización de productos; proceso, peso, dimensiones, propiedades mecánicas y porosidad. Creando una marca de producto por agremiación o por región para asimilar los beneficios de la economía de escala y poder competir con las grandes ladrilleras, en el mercado nacional e internacional.

*Proyecto 4: Proyecto de creación de un programa de capacitación en combustión, calentamiento y buenas prácticas de operación, dirigido a trabajadores del sector ladrillero.*

- Desarrollar un plan de capacitación en combustión y uso eficiente de la energía dirigido a trabajadores del sector ladrillero, para disponer de recurso humano con alta calificación para dar soporte a las actividades de operación, ajuste, mantenimiento y servicios de postventa de las tecnologías del sector y crear conciencia de la importancia del cambio climático en el sector productivo del país.

## 6.4 Productos Actores y Beneficiarios.

Teniendo en cuenta el proceso de análisis y medidas para la superación de barreras identificadas en el Estudio de Evaluaciones de Necesidades Tecnológica para la Mitigación del Cambio Climático en el sector ladrillero. El programa de mejora integral del proceso de cocción de ladrillo en unidades productoras de baja y media capacidad presenta en la Tabla 66 los productos actores y beneficiarios según proyecto propuesto:

**Tabla 66 Actores, beneficiarios y productos para cada proyecto.**

PROYECTO	ACTORES	BENEFICIARIOS	PRODUCTOS
<i>Proyectos 1: Proyecto de estructuración y búsqueda de mecanismos para aprovechar los incentivos públicos y privados existentes para la financiación de proyectos de inversión y reconversión tecnológica de los hornos de cocción en ladrilleras</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cámaras de Comercio</li> <li>• CAEM</li> <li>• COLCIENCIAS</li> <li>• ESCOS</li> <li>• Proveedores de Tecnología</li> <li>• Agremiaciones locales y regionales de ladrilleros</li> <li>• Bancóldex</li> <li>• Innpulsa</li> <li>• Constructores</li> </ul>	Ladrilleras de carácter artesanal, con capacidad de producción hasta de 45000 unidades al mes (189 ton /mes), ubicados en las zonas rurales de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Santander.	<p>Creación de una aplicación o página web o boletín donde se recopilen y clasifiquen las diferentes convocatorias disponibles actualmente, para distribución y uso de las agremiaciones y productores de ladrillo.</p> <p>Variación positiva en porcentaje de proyectos presentados y aprobados para innovación en sector ladrillero ante entidades de financiamiento.</p> <p>Firma de al menos dos contratos privados entre productores y ESCOS para renovación tecnológica en la región central del país; Cundinamarca, Boyacá y Santander.</p>

<p><i>Proyecto 2: Proyecto de renovación de tecnologías eficientes de cocción de ladrillo.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cámaras de Comercio</li> <li>• CAEM</li> <li>• Red Incombustion</li> <li>• Programa de transformación productiva</li> <li>• Secretarías de productividad</li> <li>• Asociaciones de ladrillo.</li> </ul>	<p>Ladrilleras de carácter artesanal, con capacidad de producción hasta de 45000 unidades al mes (189 ton /mes), ubicados en las zonas rurales de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Santander.</p>	<p>Desarrollo y demostración a productores de tres prototipos a escala funcional en uno de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Cúcuta. Publicación y distribución de un boletín entre agremiaciones y productores de las regiones de influencia con los resultados y beneficios de las nuevas tecnologías.</p> <p>Documento donde se den las especificaciones técnicas de los componentes del horno, manuales de operación correcta y curvas de temperatura de cada uno de los prototipos desarrollados y evaluados.</p> <p>Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero hasta un 20% (base en la capacidad actual de producción) en las unidades productoras que posean hornos de cocción tipo fuego dormido, árabe o pampa, colmena, y que accedan a la renovación tecnológica.</p> <p>Documento observatorio de dificultades y oportunidades de nuevos proyectos de investigación y/o desarrollo.</p>
<p><i>Proyecto 3: Proyecto de creación de una marca de ladrillo regional para la zona centro del país.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cámaras de comercio.</li> <li>• CAEM</li> <li>• Asociaciones de productores</li> <li>• Productores</li> <li>• CAMACOL</li> </ul>	<p>Ladrilleras de carácter artesanal, con capacidad de producción hasta de 45000 unidades al mes (189 ton /mes), ubicados en las zonas rurales de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Santander.</p>	<p>Documento donde se definan los parámetros de geometría, composición química de la arcilla, proceso de cocción, rampas de temperatura, propiedades mecánicas del ladrillo, y demás lineamientos exigidos al productor para obtener el certificado de calidad unificado.</p> <p>Creación y difusión en medios de comunicación especializados y generales de la estrategia comercial de la marca de ladrillo entre el gremio de la construcción.</p> <p>Aumento en el número de ladrilleras que acceden a la formalización comercial.</p>
<p><i>Proyecto 4: Proyecto de creación de un programa de capacitación en combustión, calentamiento y buenas prácticas de operación, dirigido a trabajadores del sector ladrillero.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SENA</li> <li>• Grupos de Investigación</li> <li>• Incombustion</li> <li>• Proveedores de Tecnología</li> <li>• Productores y</li> </ul>	<p>Trabajadores y administradores de ladrilleras de carácter artesanal, ubicados en las zonas rurales de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Santander.</p>	<p>Creación de programa técnico en combustión, calentamiento, mantenimiento, operación y buenas prácticas en hornos de cocción de ladrillo. El programa debe contar con estrategia metodológica, pedagógica (acorde al nivel académico de los participantes), material audiovisual. Además debe contar</p>



asesores del  
gremio

con un componente práctico y  
experimental.

## **6.5 Relación con las prioridades de desarrollo sostenible del país.**

Colombia ha venido en los últimos 12 años estructurando políticas públicas, las cuales crean un marco favorable para un desarrollo sostenible, entre estas se destacan:

- Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono
- Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía.

En el contexto de estas políticas de desarrollo sustentable, los objetivos del programa están en completa armonía con las mencionadas políticas en tanto se logran los siguientes resultados e impactos:

- Incremento de la Eficiencia Energética en los hornos de conformado, secado y cocción de ladrillo y ahorro de combustible hasta en 29%, con respecto a la situación actual.
- Reducción de emisiones de GEI en el sector hasta un 15%, con respecto a la situación actual.
- Reducción de los costos de producción por el ahorro de combustible y disminución de componentes defectuosos al tener mejor calidad en el calentamiento, con ello se garantiza mayor competitividad de las Pymes y la conservación o mayor generación de empleos.

Mejores condiciones de salud ocupacional, con lo cual se mejoran las condiciones de salubridad en los recintos de trabajo.

## **6.6 Alcances del programa.**

El programa de mejora integral del proceso de cocción de ladrillo en unidades productoras de baja y media capacidad tiene los siguientes alcances:

- Proyecto de estructuración y búsqueda de mecanismos para aprovechar los incentivos públicos y privados existentes para la financiación de proyectos de inversión y reconversión tecnológica de los hornos de cocción en ladrilleras. Con este proyecto, se pretende compilar en una base de datos, todos los programas de financiación existentes en el país e internacionales a los cuales es factible aplicar para el sector ladrillero. Para el uso del aplicativo, la empresa aspirante ingresa los datos básicos y el tipo de renovación que pretende implementar, y la aplicación arroja el listado de entidades y programas más factibles para realizar una solicitud; mostrando las características y requisitos exigidos. De esta manera, se concentra en un solo punto (facilitando) toda la oferta disponible de entidades de cooperación, programas de financiación, requisitos y condiciones exigidas. Luego de tener identificados y caracterizados toda la oferta de incentivos, se analiza la posibilidad de implementar mecanismos alternativos de financiación por medio de contratos tipo ESCOS, bajo la siguiente figura: La ESCO determina las medidas de eficiencia energética y el ahorro que se puede lograr en la ladrillera y le presenta al usuario (gerente) una propuesta de proyecto, donde la ESCO se encarga del montaje y mantenimiento del proyecto y a cambio, el usuario paga a la ESCO un porcentaje de los ahorros obtenidos. Los contratos son a periodos entre 5 y 20 años [33]. La segunda etapa del proyecto,

consiste en la formulación y presentación de proyectos de reconversión a dichos programas o la contratación con las empresas ESCOS.

- Proyecto de renovación de tecnologías eficientes de cocción de ladrillo.
  - Desarrollo y demostración de sistemas de combustión con aire forzado adaptables a la estructura actual de los hornos de cocción de las ladrilleras. Los sistemas de combustión son los dosificadores de carbón pulverizado, sistemas de combustión con briquetas de carbón, y peletización de biomasa. La viabilidad técnica de estos sistemas fueron analizados en el convenio MADS-CAEM de 2012 [31]. Para el desarrollo del proyecto se debe dimensionar y seleccionar cada uno de los sistemas disponibles de acuerdo a la capacidad nominal y tipo de horno en que se vaya a instalar. En la fase de evaluación y demostración se selecciona una empresa ladrillera en donde se instalará un sistema de combustión con aire forzado. Los parámetros a evaluar son: el rendimiento energético, levantamiento de curvas de temperatura en el interior del horno, estabilidad y calidad de la combustión, nivel de emisiones contaminantes y cantidad de pérdidas de producto por fracturas y no-cocidos parámetros como rendimiento energético, curvas de temperatura, estabilidad de combustión, nivel de emisiones contaminantes y cantidad de pérdidas de producto. En la fase de demostración, se debe garantizar la visita de representantes de otras ladrilleras para que verifiquen de primera mano los resultados y beneficios que conlleva la instalación del sistema de combustión.
  - Desarrollo y evaluación de un horno vertical semicontinuo para la cocción de ladrillo en la región central del país. En la fase de desarrollo, se analiza la implicación de la capacidad que tiene el horno; que es diez veces mayor, respecto a la capacidad de producción de una ladrillera promedio. Se debe hacer el estudio previo de factibilidad económica según la escala de producción. La segunda fase consiste en el diseño y selección de los componentes constitutivos del horno vertical según el sitio geográfico donde se vaya a instalar. Los diseños deben tener en cuenta el tipo de mineral a procesar, la variedad de productos a fabricar (cocción de diferentes referencias en simultaneo) y tipo de carbón. En la fase de evaluación se selecciona una empresa ladrillera mediana; que tenga espacio disponible para la construcción del horno. Los parámetros a evaluar son: el rendimiento energético, levantamiento de curvas de temperatura en el interior del horno, estabilidad y calidad de la combustión, nivel de emisiones contaminantes y cantidad de pérdidas de producto por fracturas y no-cocidos.
  - Desarrollo y evaluación de un prototipo de horno MK2 adaptado a las condiciones de operación de la región central del país y operación con carbón mineral. En la fase de desarrollo, se analiza el efecto del tipo de combustible sobre el desempeño del horno; esta tecnología ha sido desarrollada para operar con biomasa, y se pretende modificarla para operar con carbón mineral. La segunda fase consiste en el diseño y selección de los componentes constitutivos del horno MK2 según el sitio geográfico donde se vaya a instalar y volumen de producción deseado. Los diseños deben tener en cuenta el tipo de mineral a procesar, la variedad de productos a fabricar (cocción de diferentes referencias en simultaneo) y tiempo de cambio de las compuertas de las cámaras. En la fase de evaluación se selecciona una empresa ladrillera para construir un prototipo del horno. Los parámetros a evaluar son: el rendimiento energético, levantamiento de curvas de temperatura en el interior del horno, estabilidad y calidad de la combustión, nivel de emisiones contaminantes y cantidad de pérdidas de producto por fracturas y no-cocidos.

- Proyecto de creación de una marca de ladrillo regional para la zona centro del país. Se trata de crear una serie de lineamientos o normativas que se deben cumplir sobre: geometría, composición de arcilla, parámetros de procesado y propiedades mecánicas del ladrillo. La ladrillera debe cumplir (o estar en proceso) con la normativa ambiental, ser legalmente constituida, estar a paz y salvo con la tributación y presentar condiciones favorables de salud ocupacional. Cumplidas estas condiciones, el producto recibe un certificado de calidad unificado. Dicho certificado, lo emite la agremiación correspondiente en la región (u otra entidad independiente), que es la encargada de verificar regularmente el cumplimiento de los requerimientos exigidos. Las agremiaciones tienen la función de promover y difundir la marca, haciendo énfasis en la producción limpia, eficiente, los beneficios sociales para los pequeños productores y la calidad del ladrillo.
- Proyecto de creación de un programa de capacitación en combustión, calentamiento y buenas prácticas de operación, dirigido a trabajadores del sector ladrillero. Se trata que en cooperación entre grupos de investigación, el SENA, Cámaras de Comercio, productores y asesores del gremio, se estructure y desarrolle en las seccionales del SENA situadas en el centro del país, o por medio de los programas de capacitación y de formación empresarial que tienen las diferentes cámaras de comercio del país. En la región de Cundinamarca, la Corporación Ambiental Empresarial puede ser ejecutora también del programa de capacitación. Luego el programa será replicado en las otras regiones productoras de ladrillo del país; capacitación en conceptos básicos de combustión y calentamiento, y capacitación en la operación y mantenimiento de hornos de cocción para ladrillos. El objetivo es disponer de recurso humano de alta calificación para dar soporte a las actividades de operación, ajuste, mantenimiento y servicios de postventa de las tecnologías del sector. Con ello se garantiza la obtención de resultados en el corto plazo, la disponibilidad y confiabilidad en la operación de las tecnologías, la viabilidad técnica y económica del proyecto en largo plazo.

## **6.7 Actividades del programa.**

### ***Proyecto de estructuración y búsqueda de mecanismos para aprovechar los incentivos públicos y privados existentes para la financiación.***

- Conformar un grupo de expertos en formulación de proyectos para conformar la base de datos de las instituciones y programas de financiamiento, tanto a nivel nacional como internacional. Entre las que se encuentran: Colciencias, Fondo de Regalías para Ciencia y Tecnología, e Impulsa. Aprovechar la resolución 0186 (2012 del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible) de exención del IVA [35].
- Clasificar las diferentes convocatorias según presupuesto, cobertura, requisitos y condiciones.
- Crear un sistema de información por página web donde se recopilen y clasifiquen las diferentes convocatorias disponibles, y según el perfil del aspirante se le asesore a qué entidad o programa es más recomendable presentar el proyecto.
- Realizar talleres de reconocimiento y creación de confianza entre los productores de ladrillo y representantes del sector financiero. Para que los ladrilleros conozcan el

sistema financiero y para que el sector financiero conozca condiciones, limitaciones y oportunidades que viven los productores de ladrillo.

- Estructuración de proyectos para la presentación ante entidades de cooperación internacional.
- Acompañamiento del grupo de expertos a proveedores de tecnologías y ladrilleras, para la elaboración, presentación de los proyectos y seguimiento a la evolución y contratación.

***Proyecto de transferencia y adaptación de tecnologías eficientes de cocción de ladrillo.***

- Inventario y registro de las ladrilleras con potencial para la transferencia de la tecnología. Incluye el inventario de las ladrilleras con proyectos de renovación y reconversión ya instalados que utilizan una de las tecnologías a transferir. El inventario y registro de las ladrilleras se debe enfocar en las regiones de Cundinamarca, Boyacá y Santander que son las regiones presentan los mayores problemas de eficiencia y contaminación por el número de ladrilleras e informalidad de las mismas.
- Divulgación y sensibilización a los empresarios de las ladrilleras de los beneficios, cambios y retos que implican las nuevas tecnologías.
- Definición de los mecanismos adecuados para la financiación de la transferencia de la tecnología.
- Para la tecnología de sistema de combustión de aire forzado.
  - ✓ En las ladrilleras registradas y seleccionadas para la ejecución del proyecto demostrativo, se debe realizar una inspección del estado actual de los hornos de cocción para crear una línea base, así como una medición de parámetros como: altura sobre nivel del mar, fluctuación de la temperatura y humedad del ambiente.
  - ✓ Diseño, selección y dimensionamiento de los elementos constitutivos de los sistemas de combustión de aire forzado: Potencia térmica del horno, caudal de aire, consumo nominal de carbón, potencia del sistema de ventilación, selección de los aislamientos térmicos. Para el dimensionamiento y diseño de los componentes, se debe tener en cuenta la ubicación geográfica de la ladrillera.
  - ✓ Realización de las modificaciones al horno de cocción.
  - ✓ Evaluación y análisis de los parámetros de operación del horno de cocción modificado con el sistema de combustión forzado.
  - ✓ Convocatorias de vistas y demostraciones a otros productores de ladrillo para mostrar los beneficios de la nueva tecnología.
- Para el desarrollo y evaluación de un horno vertical semicontinuo
  - ✓ Selección de la ladrillera para construir el horno piloto y medición de parámetros ambientales: altura sobre nivel del mar, fluctuación de la temperatura y humedad del ambiente.

- ✓ Diseño del horno vertical: selección de materiales de construcción, selección del sistema de control de temperatura, cálculo de la potencia térmica del horno, caudal de aire de combustión, consumo nominal de carbón, diseño del sistema de ventilación, selección de los aislamientos térmicos, entre otros. Para el dimensionamiento y diseño de los componentes, se debe tener en cuenta la ubicación geográfica de la ladrillera.
- ✓ Construcción del piloto de horno vertical.
- ✓ Evaluación y análisis de los parámetros de operación del prototipo de horno de cocción; emisiones de contaminantes, perfiles de temperatura, estabilidad y calidad de la combustión, nivel de emisiones contaminantes y cantidad de pérdidas de producto por fracturas y no-cocidos.
- ✓ Convocatorias de vistas y demostraciones a otros productores de ladrillo para mostrar los beneficios de la nueva tecnología.
- Para el Desarrollo y evaluación de un prototipo de horno MK2
  - ✓ Selección de la ladrillera para construir el horno piloto y medición de parámetros ambientales: altura sobre nivel del mar, fluctuación de la temperatura y humedad del ambiente.
  - ✓ Diseño del horno MK2: selección de materiales de construcción, selección del sistema de control de temperatura, cálculo de la potencia térmica del horno, caudal de aire de combustión, consumo nominal de carbón, diseño del sistema de ventilación, selección de los aislamientos térmicos, entre otros. Para el dimensionamiento y diseño de los componentes, se debe tener en cuenta la ubicación geográfica de la ladrillera.
  - ✓ Construcción del piloto de horno MK2.
  - ✓ Evaluación y análisis de los parámetros de operación del prototipo de horno de cocción; emisiones de contaminantes, perfiles de temperatura, estabilidad y calidad de la combustión, nivel de emisiones contaminantes y cantidad de pérdidas de producto por fracturas y no-cocidos.
  - ✓ Convocatorias de vistas y demostraciones a otros productores de ladrillo para mostrar los beneficios de la nueva tecnología.
- Definición de los mecanismos adecuados para la financiación de la transferencia de la tecnología.
- Dialogo y demostración a los proveedores nacionales e internacionales sobre los avances, resultados y logros obtenidos con las nuevas tecnologías de cocción de ladrillo.
- Estudio de la viabilidad de la diseminación y comercialización de las tecnologías por parte de los proveedores nacionales.

***Proyecto de creación de una marca de ladrillo regional para la zona centro del país.***

- Creación de un comité de expertos compuesto por productores, cámara de comercio, grupos de investigación, asesores y proveedores de tecnología.
- Definición de parámetros como geometría, composición, proceso de cocción, rampas de temperatura, propiedades mecánicas del ladrillo, y demás lineamientos exigidos para obtener el certificado de calidad unificado. Estos parámetros deben estar acorde y cumplir también las condiciones establecidas a en las normas técnicas Colombianas del ICONTEC 4205.
- Definición de la entidad encargada de emitir el certificado de calidad y supervisión de que se cumplan los requisitos exigidos.
- Creación de la estrategia de promoción y posicionamiento de la marca entre el clúster nacional de la construcción, haciendo énfasis en la producción limpia, eficiente, los beneficios sociales para los pequeños productores y la calidad del ladrillo.

***Proyecto de creación de un programa de capacitación en combustión, calentamiento y buenas prácticas de operación, aplicado a trabajadores del sector ladrillero.***

- Definición de mecanismo de articulación con otros actores interesados en el programa como grandes empresas, instituciones universitarias, cámaras de comercio, agremiaciones de productores, grandes firmas constructoras, entre otros.
- Definición de los objetivos específicos, alcances y estructuración académica del programa.
- Estructuración e implementación de la componente práctica del programa.
- Definición del perfil de los aspirantes.
- Realizar la primera convocatoria de aspirantes.

**6.8 Cronograma del programa.**

Se estima la ejecución de todas a las actividades descritas en los respectivos programas, para un periodo de cinco años, el cronograma de las actividades que se buscan desarrollar para llevar a cabo los proyectos planteados se describe detalladamente en la Tabla 67.

**Tabla 67 Cronograma para la ejecución de los proyectos planteados en el sector ladrillero**

Proyecto	Actividad/Año	1	2	3	4	5
1. Estructuración y búsqueda de mecanismos para aprovechar los incentivos públicos y privados existentes para la financiación.	Conformar un grupo de expertos en formulación de proyectos.	■				
	Clasificar las diferentes convocatorias según presupuesto, cobertura, requisitos y condiciones.	■	■			
	Crear aplicación de computador o página web donde se recopilen y clasifiquen las diferentes convocatorias disponibles.	■				
	Estructuración de proyectos para la presentación ante entidades de cooperación internacional.		■	■	■	
	Acompañamiento del grupo de expertos a proveedores de tecnologías y ladrilleras.	■	■			■
2. Transferencia y adaptación de tecnologías eficientes de cocción de ladrillo.	Inventario y registro de las ladrilleras con potencial para la transferencia de la tecnología y aquellas con proyectos de renovación y reconversión ya instalados.	■	■			
	Divulgación y sensibilización a los empresarios	■	■			

	de las ladrilleras.						
	Realización de las modificaciones necesarias a las tecnologías según condiciones específicas.						
	Definición de los mecanismos adecuados para la financiación.						
	Concertación con proveedores nacionales e internacionales de tecnología.						
	Realización de proyectos pilotos demostrativos y/o evaluación de proyectos de referencia.						
	Diseminación y comercialización de las tecnologías.						
3. Creación de una marca de ladrillo regional para la zona centro del país.	Creación de un comité de expertos.						
	Definición de parámetros.						
	Definición de la entidad encargada de emitir el certificado de calidad y supervisión de que se cumplan los requisitos exigidos.						
	Creación de la estrategia de promoción y posicionamiento de la marca entre el clúster nacional de la construcción.						
4. Creación de un programa de capacitación en combustión, calentamiento y buenas prácticas de operación, aplicado a trabajadores del sector ladrillero	Definición de mecanismo de articulación con otros actores interesados en el programa.						
	Definición de los objetivos específicos, alcances y estructuración académica del programa.						
	Estructuración e implementación de la componente experimental del programa.						
	Definición del perfil de los aspirantes.						
	Realizar la primera convocatoria de aspirantes.						

## 6.9 Indicadores y Seguimiento.

### ***Proyecto de estructuración y búsqueda de mecanismos para aprovechar los incentivos públicos y privados existentes para la financiación.***

- Incremento del 15% incremento en el número de empresarios que accedieron a programas de financiación, incluyendo bancos.
- Firma de al menos seis contratos privados entre productores y ESCOS para renovación tecnológica en la región central del país.
- Propuesta de por lo menos un mecanismo alternativo para el financiamiento de proyectos de eficiencia energética a Pymes, viables al contexto Colombiano, diferente a los ofrecidos por el sistema financiero.
- Creación de un sistema de información que recopile y clasifique las diferentes convocatorias disponibles, y se asesore a su vez al empresario para acceder a la financiación de los proyectos de eficiencia energética.
- Crear boletín o publicación periódica con distribución entre agremiaciones y productores.

### ***Proyecto de transferencia y adaptación de tecnologías eficientes de cocción de ladrillo.***

- Presentación y demostración de tres proyectos en la región de Cundinamarca, Boyacá y Cúcuta. Con tecnologías, bajo condiciones de operación real.
- Realización de informe caracterizando la oferta tecnológica, capacidades y limitaciones a nivel nacional en el sector ladrillero.
- Informe observatorio de dificultades y oportunidades de nuevos proyectos de investigación.

- Crear boletín o publicación periódica con distribución entre agremiaciones y productores.
- Creación de un convenio para fortalecer a por lo menos una empresa proveedora de tecnología, a partir del conocimiento generado productores en más de 2 décadas de producción.
- Reducción de gases de efecto invernadero no menor al 20% por unidad de masa producida.

***Proyecto de creación de una marca de ladrillo regional para la zona centro del país.***

- Definición de parámetros como geometría, composición, proceso de cocción, rampas de temperatura, propiedades mecánicas del ladrillo, y demás lineamientos exigidos para obtener el certificado de calidad unificado.
- Aumentar número de productores asociados a las agremiaciones.
- Creación de estrategia comercial de difusión de la marca de ladrillo entre el gremio de la construcción.
- Definición de la entidad encargada de emitir el certificado de calidad y supervisión de que se cumplan los requisitos exigidos.

***Proyecto de creación de un programa de capacitación en combustión, calentamiento y buenas prácticas de operación, aplicado a trabajadores del sector ladrillero.***

- Crear un programa de formación técnica, divulgación y capacitación en conceptos básicos de combustión y calentamiento, en la operación y mantenimiento de hornos de cocción para ladrillos.
- Dictar 4 programas de capacitación por cada región productora de ladrillo en el país.
- Implementación de un laboratorio móvil para actividades experimentales de combustión y calentamiento.

## **6.10 Complicaciones y retos.**

Se considera que en la concepción y ejecución del programa se pueden presentar las siguientes complicaciones y retos:

### **Complicaciones.**

- Que las tecnologías no sean adaptables a las condiciones geográficas, operación y tipo de combustible que se utiliza en el país.
- Carencia de una institución que lidere y coordine el desarrollo del programa
- Limitaciones en la concertación y ejecución de cada uno de los proyectos del programa.
- Los recursos programados para soportar financieramente los proyectos tengan dificultades en su ejecución, por lentitud en los trámites de aprobación y por la no aprobación en las solicitudes de formulación de los proyectos.
- Falta de articulación y coordinación entre fuentes de cooperación técnica y financiación, provenientes de entidades nacionales, internacionales o combinación de ambas.



**Retos.**

- Garantizar la obtención de los objetivos del programa en el contexto de la política de desarrollo de bajo carbono.
- Garantizar la sostenibilidad del programa en el largo plazo, una vez terminado los cinco años de ejecución del programa.
- Blindar la ejecución del programa a los posibles cambios que puedan darse en la estructuración de políticas públicas que los puedan afectar.

**6.11 Coordinación y responsabilidades.**

Para el desarrollo del programa de: Mejora integral del proceso de cocción de ladrillo en unidades productoras de baja y media capacidad. Se propone un comité coordinador integrado por: Ministerio de Medio Ambiente; oficina de cambio climático, Ministerio de Minas y Energía; Unidad de Planeación Minero Energética y programa PROURE, y Ministerio de Industria y Comercio; programa de transformación productiva nacional. El cual debe ser presidido por el Ministerio de Medio Ambiente. El comité coordinador tendrá el respaldo de los siguientes comités asesores como se muestra en el diagrama de flujo siguiente.

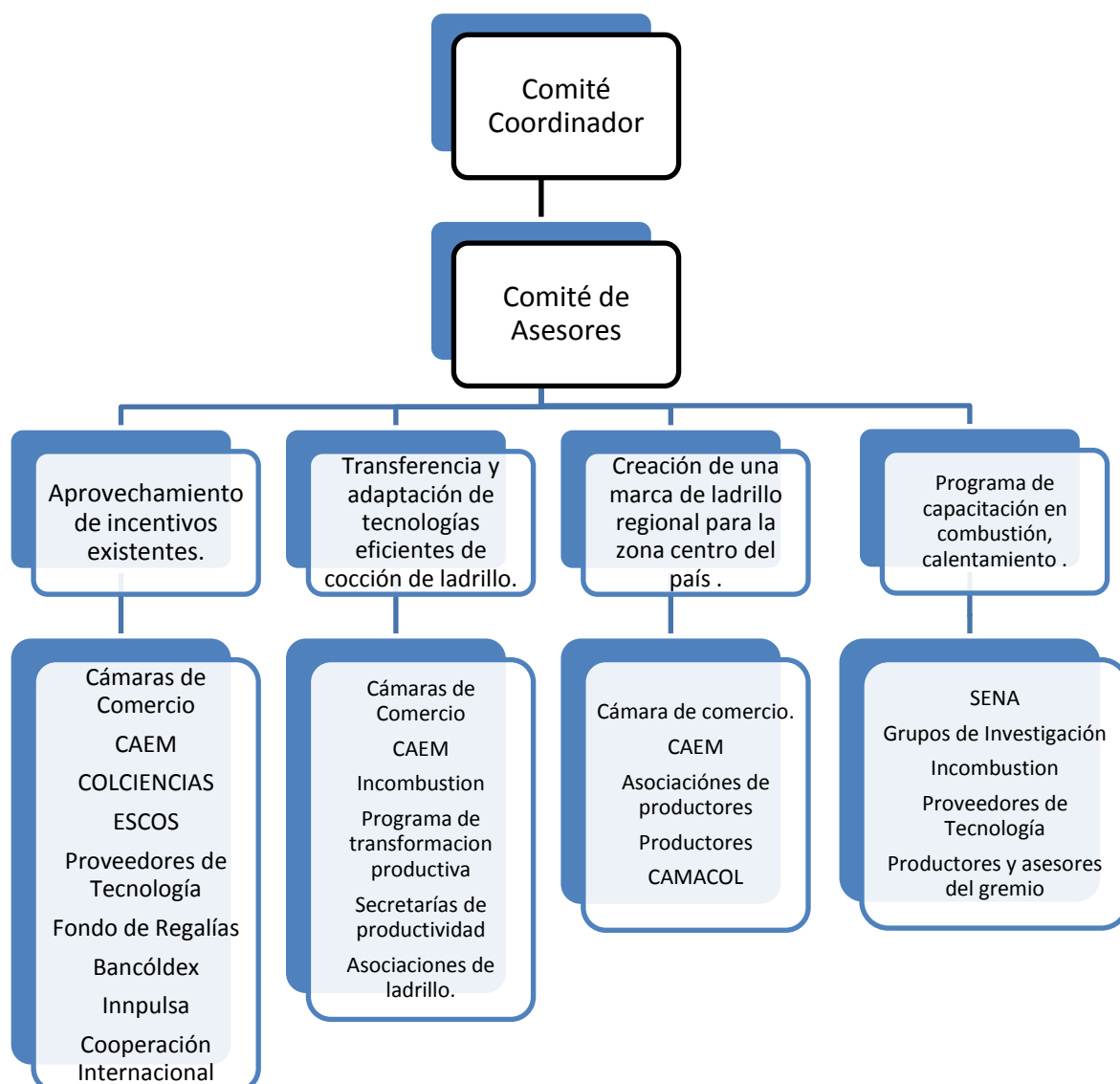


Figura 22 Comité coordinador del programa de mejora integral del proceso de cocción de ladrillo en unidades productoras de baja y media capacidad.

El comité coordinador tendrá como funciones la coordinación general, seguimiento, asignación de proyectos e interlocución con las entidades de cooperación internacional. Los comités asesores realizarán actividades específicas en función de los proyectos y planes de acción que constituyen el programa general.

Para el sector ladrillero, es de especial importancia la asesoría, experiencia y participación de la Cámara de Comercio de Bogotá; por medio de su filial la Corporación Ambiental Empresarial (CAEM). Son un actor que ha procurado que el sector ladrillero desarrolle prácticas empresariales que aumenten la competitividad del sector, al mismo tiempo que mejoran las condiciones sociales y ambientales [41]. Bajo este lineamiento, el CAEM ha llevado a cabo el programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales - EELA -. Programa que ha permitido conocer el estado actual del sector en la región más importante en cuanto a producción de ladrillo en Colombia, la región Central.

El comité de aprovechamientos de incentivos existentes se encargará de identificar la aplicación de incentivos financieros y tributarios disponibles para la financiación de los proyectos que constituyen el programa. Transferencia y adaptación de tecnologías eficientes de cocción de ladrillo, se encargará que los proyectos de transferencia sean instalados y puestos en operación. El comité de creación de una marca de ladrillo regional

para la zona centro del país, será encargado de gestionar todas las actividades requeridas para la promoción y difusión de la marca regional de ladrillo, también definirá las condiciones y requerimientos que deben cumplir los productores. El comité del programa de capacitación en combustión y calentamiento, se encargará de la estructuración del programa académico, el diseño de la infraestructura experimental requerida, de la definición de los perfiles de los aspirantes y la puesta en operación del programa.

## 6.12 Costo estimado del programa.

Para cada actividad desarrollada se asocia un costo, la suma de estos determinara el costo total de programa de transferencia de tecnologías, en la Tabla 68 se presenta una descripción detallada de estos.

**Tabla 68 Costos del programa de transferencia de tecnologías para el sector ladrillero.**

PROYECTO	ACTIVIDAD	COSTOS
1. Estructuración y búsqueda de mecanismos para aprovechar los incentivos públicos y privados existentes para la financiación.	Conformar un grupo de expertos en formulación de proyectos.	Costo de personal encargado por la asesoría en la estructuración del proyecto. \$20 mil dólares. Fuente de financiación: Consultores o Agremiaciones.
	Clasificar las diferentes convocatorias según presupuesto, cobertura, requisitos y condiciones.	
	Crear aplicación de computador o página web donde se recopilen y clasifiquen las diferentes convocatorias disponibles.	\$ 5 mil dólares
	Estructuración de proyectos para la presentación ante entidades de cooperación internacional.	\$20 mil dólares, para la financiación de una consultoría. Financiado: Ministerio de Ambiente.
	Acompañamiento del grupo de expertos a proveedores de tecnologías y ladrilleras.	No aplica
<b>Total proyecto 1</b>		<b>\$45 mil USD</b>
2. Transferencia y adaptación de tecnologías eficientes de producción de ladrillo.	Inventario y registro de las ladrilleras con potencial para la transferencia de la tecnología y aquellas con proyectos de renovación y reconversión ya instalados.	\$20 mil dólares para estudio de identificación y evaluación integral de proyectos de regencia instalado en Colombia. Fuente de financiación: Entidades de cooperación Internacional.
	Divulgación y sensibilización a los empresarios de las ladrilleras.	\$60 mil dólares por programa piloto, sin incluir el costo de la tecnología, la cual debe ser garantizada por el proveedor.
	Realización de las modificaciones necesarias a las tecnologías según condiciones específicas.	
	Realización de proyectos pilotos demostrativos y/o evaluación de proyectos de referencia.	Financiadores: Proveedores, ESCOS, Agremiaciones, Fondo de Regalías. COLCIENCIAS
	Definición de los mecanismos adecuados para la financiación.	Los costos de implementación de este tipo de proyectos los asume la ESCOS, y depende del volumen de producción y características técnicas del proyecto.
	Concertación con proveedores nacionales e internacionales de tecnología.	No aplica
	Diseminación y comercialización de las tecnologías.	Horno MK2: \$20 mil dólares. Horno vertical: \$50 mil dólares. Horno de aire forzado: \$30 mil dólares.
<b>Total proyecto 2</b>		<b>\$180 mil USD</b>
3. Creación de una marca de ladrillo regional para la zona centro del	Creación de un comité de expertos.	\$500 mil dólares para la creación y promoción de la marca de ladrillo en la región de Cundinamarca-Boyacá. Financiado: Innpulsa,
	Definición de parámetros.	
	Definición de la entidad encargada de emitir el certificado de calidad y supervisión de que se cumplan los	

país.	requisitos exigidos.	agregaciones, entidades de cooperación internacional. Fondo de regalías para ciencia y tecnología.
	Creación de la estrategia de promoción y posicionamiento de la marca entre el clúster nacional de la construcción.	
<b>Total proyecto 3</b>		<b>\$500 mil USD</b>
4. Creación de un programa de capacitación en combustión, calentamiento y buenas prácticas de operación, aplicado a trabajadores del sector ladrillero	Definición de mecanismo de articulación con otros actores interesados en el programa.	\$ 250 mil dólares. Financiador: Mediante presentación de proyecto al fondo de regalías para ciencia y tecnología.
	Definición de los objetivos específicos, alcances y estructuración académica del programa.	
	Estructuración e implementación de la componente experimental del programa.	
	Definición del perfil de los aspirantes.	
	Realizar la primera convocatoria de aspirantes.	
<b>Total proyecto 4</b>		<b>\$250 mil USD</b>
<b>COSTOS TOTALES DEL PROGRAMA</b>		<b>\$975 mil USD</b>

## REFERENCIAS

1. CAEM EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS PARA LA MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA. Convenio MADS-CAEM CORPORACIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL para llevar a cabo la fase de diagnóstico energético y tecnológico de los sectores siderúrgico-metalmeccánico y cerámico-Ladrillero en el marco del proyecto para la evaluación de necesidades tecnológicas para la mitigación al cambio climático en Colombia. Bogotá, Diciembre de 2012
2. DNP, Documento Conpes 3700: Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia, 2011: Bogotá.
3. MINMINAS, Implementación del plan indicativo PROURE, 2012.
4. Colombia, C.N.d.l.R.d., Ley 697, 2001.
5. ANDI, Cámara de Fedemetal, Asociación Colombiana de industriales ANDI, 2011.
6. UPME, Boletín Energético Unidad de Planeación Minero-Energética, 2008.
7. ANDI, La cadena de valor Siderúrgica y Metalmeccánica en Colombia en la primera década del siglo XXI, 2011.
8. ANDI, ¿Hacia donde va el acero en el Mundo?, 2012: Bogotá.
9. GASURE, Proyecto uso eficiente y racional de la energía en el marco de la producción mas limpia del Area Metropolitana en el Valle de Aburra, U. UdeA, UBP, Editor 2007.
10. GASURE, Proyecto: Estrategias para la penetración del gas natural en procesos de alta temperatura en el Valle de Aburra, 2007.
11. EVE, Serie Tecnológico-Energética, Aplicaciones Avanzadas del Gas natural en Procesos Industriales de Alta Temperatura, 1999.
12. DNP. Cadena productiva. [cited 2012 Mayo 28]; Disponible en: <http://www.dnp.gov.co/>.
13. Planeacion, D.N.d., Cadenas Productivas, estructura, comercio Internacional y Protección. 2004.
14. UPME, Ahorro de energía en la industria cerámica.
15. EELA, Caracterización de las unidades productivas de la industria ladrillera., in Proyecto Colombia. Programa Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales 2011.
16. ANFALIT. Diagnóstico de la industria ladrillera. Evaluación zona Mochuelo, Bogotá (Cundinamarca). 2002.
17. EELA, Caracterización de los Hornos Usados en la Industria Ladrillera, in Proyecto Colombia, Programa Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales 2011.
18. SENA, Estudio de Caracterización de la Industria de la Arcilla., in Centro Regional Minero Regional Boyacá 2003.
19. Fernando, R.G.L., Reconversión tecnológica del proceso de cocción en una empresa ladrillera, 2003, Pontificia Universidad Javeriana: Bogotá.
20. Riojas Castillo Oscar, R.M.N. Características de hornos para productos cerámicos del Parque Minero Industrial El Mochuelo, localidad 19 de Bogotá, D.C. 2004.
21. RedLadrilleras, Red de Información para productores de ladrillos, 2009.
22. United Nations Development Programme, Handbook for conducting Technology Needs Assessment for Climate Change. 2010, New York.

23. Metaxas, A.C., Foundations of Electrobeat. A Unified Approach. 1996.
24. Nakamachi, I., S. Yasuoka, and S. Shizuwishio, New Technologies for natural gas utilization in japanese industries, in International conference on natural gas technologies 1996, IEA: Berlin, Germany.
25. EVE, Aplicaciones avanzadas del gas natural en proceso de alta temperatura, 1998.
26. GASURE. and U.I.D. Epm, Proyecto: Estrategias para la penetración del gas natural en procesos de alta temperatura en el Valle de Aburra, 2007: Medellín.
27. RISO, U. and PNUMA, Overcoming barriers to the transfer and diffusion of climate technologies, 2012.
28. Crawley, E.F., et al. The CDIO Syllabus v2. 0. An Updated Statement of Goals for Engineering Education. in Proceedings of 7th International CDIO Conference, Copenhagen, Denmark. 2011.
29. Boldt, J., et al., Orientando el proceso para Superar las Barreras para la Transferencia y Difusión de Tecnologías Relacionadas con el Cambio Climático 2012, Centro Risø de Energía, Clima y Desarrollo Sostenible del PNUMA (URC).
30. IMEBU, Estudio sector metalmecánico área metropolitana, 2010: Bucaramanga.
31. ODES and CRA, Tecnologías más limpias para las empresas del sector de fundición en el departamento del Atlántico, 2006: Barranquilla.
32. DIS. [Citado Marzo de 2013; Disponible en: <http://www.ductile.org/>].
33. OPEN, Eficiencia energética y energías limpias: Líneas de financiamiento para proyectos de eficiencia energética y tecnología limpias, C.d.C.d. Bogotá, Editor 2011.
34. UPME, Informe de precios de energéticos observados en el sector industrial, 2012.
35. MADS, Resolución 0186, 2012: Colombia.
36. OCADE, Incentivos económicos a las inversiones ambientales en Colombia. ¿Cómo sacar ventaja del cumplimiento de la normatividad ambiental? .
37. COLCIENCIAS, Colombia Construye y Siembra Futuro. Política Nacional de Fomento la Investigación y la Innovación, 2008.
38. EELA, Estudio tecnológico para definir el tipo de tecnología de horno apropiada para la reconversión de las ladrilleras artesanales, ingeniería básica y supervisión del montaje., 2011: Nemocón, Colombia.
39. superfinanciera. Interés bancario corriente. [Citado Marzo de 2013; Disponible en: <http://www.superfinanciera.gov.co/ComunicadosyPublicaciones/ComunicadosdePrensa/ibc.htm>].
40. CAEM, Diplomado en Eficiencia Energética y Energías Limpias., 2011.
41. CAEM. Programas corporación ambiental empresarial. [Citado 2012; Disponible en: <http://www.corporacionambientalempresarial.org.co/contenido/categoria.aspx?catID=105>].
42. Congreso Nacional de la República: Ley 697, 2001: Colombia.
43. DNP, Documento Conpes 3582: Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2009: Bogotá.
44. Congreso Nacional de la República: Ley 1530, 2012: Colombia.

45. AFS. U.S Metalcasting: Competing in a Global Marketplace. 2008 [Citado 2013 Abril]; Disponible en: [http://www.metallics.org.uk/PDF\\_library/US%20Metalcasting2.pdf](http://www.metallics.org.uk/PDF_library/US%20Metalcasting2.pdf).
46. DNP, Documento Conpes 3668: Informe de seguimiento a la política nacional de competitividad y productividad, 2010: Bogotá.
47. DNP, Documento Conpes 3484: Política nacional para la transformación productiva y la promoción de las micro, pequeñas y medianas empresas: Un esfuerzo público privado, 2007: Bogotá.
48. UPME and MME, Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes no Convencionales-PROURE, in Plan de acción indicativo 2010-2015 2010: Bogotá, Colombia.
49. Estado económico del sector de la construcción en Colombia. 2011 [Citado 2012; Disponible en: <http://cdigital.udem.edu.co/TESIS/CD-ROM57642011/08.Capitulo3.pdf>.
50. Avila, M., El AHP (proceso analítico jerárquico) y su aplicación para determinar los usos de las tierras, 2000.
51. Programme, U.N.D., Handbook for conducting Technology Needs Assessment for Climate Change, 2010: New York.
52. UPME, Determinación de la Eficiencia Energética del Subsector Industrial de Ladrillo, Vidrio y Cerámica, 2011.

# ANEXOS PARTE 1: RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS EN LA REPÚBLICA DE COLOMBIA.



## ANEXO 1 ACTORES PARTICIPANTES

### A.1.1 Asistentes a las actividades para la priorización y análisis de barreras de las tecnologías del subsector metalmeccánico



PARTICIPANTES		TALLERES	
		Taller de priorización	Taller de análisis de barreras
<b>Coordinadora Proyecto TNA</b>			
Diana Carolina Barba	Ministerio de Medio Ambiente, Coordinadora Proyecto TNA	X	X
<b>Equipo consultor componente mitigación</b>			
Andrés Amell	Universidad de Antioquia, Coordinador Grupo GASURE	X	X
Camilo Lezcano	Universidad de Antioquia, Investigador Grupo GASURE	X	X
Jonathan Cadavid	Universidad de Antioquia, Investigador Grupo GASURE	X	
Lina María Rubio	Universidad de Antioquia, Investigador Grupo GASURE		X
<b>Facilitador y asesor</b>			
Santiago Arango	Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín	X	X
<b>ASISTENTES</b>	<b>INSTITUCIÓN</b>		
Rafael Barón	Corporación Ambiental Empresarial.	X	
Katerin Gómez	Cámara Fedemetal de la Andi	X	X
Oscar Urbina	Ministerio de Industria y Comercio	X	X
Yalin Zapata	Colciencias, sector metalmeccánico	X	
Jairo Alberto Cabrera		X	
Carlos Amaris	Corporación Ambiental Empresarial	X	X
Helber Cruz	Empresa Districol Ltda.	X	
María Juliet Londoño	Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín	X	
María Victoria Castiblanco	Districol Fabricantes Autopartes	X	
Mauricio Gaitán	Dirección de Asuntos Ambiental del MADS	X	
Héctor Polanía	Corporación Ambiental Empresarial	X	
Fabella Suárez	Directora Corporación Ambiental Empresarial	X	
Paola Andrea Herrera	Corporación Ambiental Empresarial	X	
Natalia Mora	Cámara Fedemetal de la Andi		X
Omar Prías	Corporación Ambiental Empresarial		X
Paola Andrea Herrera	Corporación Ambiental Empresarial		X
Maria Fernanda Manrique	Bancoldex		X
Carlos Alberto Bolaños	Corporación Ambiental Empresarial		X
Maria Baez	Corporación Autónoma Regional		X

Juan Carlos Salinas	Metal Nodul		X
---------------------	-------------	--	---



### A.1.2 Asistentes a las actividades para la priorización y análisis de barreras de las tecnologías del subsector ladrillero.

PARTICIPANTES		TALLERES	
		Taller de priorización	Taller de análisis de barreras
<b>Coordinadora Proyecto TNA</b>			
Diana Carolina Barba	Ministerio de Medio Ambiente, Coordinadora Proyecto TNA	X	X
<b>Equipo consultor componente mitigación</b>			
Andrés Amell	Universidad de Antioquia, Coordinador Grupo GASURE	X	X
Camilo Lezcano	Universidad de Antioquia, Investigador Grupo GASURE	X	X
Jonathan Cadavid	Universidad de Antioquia, Investigador Grupo GASURE	X	X
Lina María Rubio	Universidad de Antioquia, Investigador Grupo GASURE		X
<b>Facilitador y asesor</b>			
Santiago Arango	Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín	X	X
<b>ASISTENTES</b>	<b>INSTITUCIÓN</b>		
Alberto Castillo	Cooperativa pequeños productores	X	
Omar Prías	Proyecto OPEN-Cámara Comercio_BID	X	X
Alejandro Henao	Asociación Nacional Fabricantes de Ladrillo y materiales de construcción-ANAFALCO	X	
Edward Ochoa	Ladrillos Ochoa Ltda.	X	
Oscar Urbina	Ministerio de Industria y Comercio	X	X
Mauricio Gaitán	Dirección de Asuntos Ambiental del MADS	X	X
Omar Paez	Eficiencia Energética	X	X
Yesid Ojeda	Programa Nacional de Investigaciones Energéticas, Colciencias.	X	
María Juliet Londoño	Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín	X	
Cesar Enrique Caicedo	Propietario ladrillera en Nemocon	X	
Jorge González	Asesor Industria Ladrillera	X	
Rafael Barón	Corporación Ambiental Empresarial		X
Carlos Amarís	Corporación Ambiental Empresarial		X
Javier Alejandro Corredor	Asociación Nacional Fabricantes de Ladrillo y materiales de construcción-ANAFALCO		X
Aura Luisa Rodríguez	Corporación Ambiental Empresarial		X
Paola Andrea Herrera	Corporación Ambiental Empresarial		X
Yesid Muñoz	Galenco		X
Alejandro Angarita	Programa Nacional de Investigaciones Energéticas, Colciencias.		X

## ANEXO 2 BASE DE DATOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

ORGANISMO	DOCUMENTOS Y LINKS
 <p>Libertad y Orden <b>Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible</b> República de Colombia</p>	<p><b>PROYECTO DE EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO</b></p> <p><b>PNUMA RISOE, MINAMBIENTE, UdeA-GASURE</b></p> <p><b>COMPILACIÓN DE BASES DE DATOS PARA LA IDENTIFICACION DE NUEVAS TECNOLOGÍAS</b> Elaborada por el Grupo GASURE-UdeA</p>  <p><b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> 1803</p> <p><a href="http://climatetechwiki.org">http://climatetechwiki.org</a> Pestaña: Get consolidated information on technology options Principio del formulario</p>
<p><b>IEA. International Energy Agency</b></p>	<p>Documento: “Energy Technology Transitions for Industry”</p> <p>Documento: “Energy Technologies at the Cutting Edge”</p> <p>Documento: “Energy Technologies Perspectives”</p> <p>Documento: “Energy transition for industry: India and the global context”</p> <p>Energy Technologies Perspectives <a href="http://www.iea.org/techno/etp/index.asp">http://www.iea.org/techno/etp/index.asp</a></p> <p>International Low-Carbon Energy Technology Platform <a href="http://www.iea.org/platform.asp">http://www.iea.org/platform.asp</a></p>
<p><b>DOE. US Department of Energy</b></p>	<p>Documento: “Energy-intensive processes portfolio: Addressing key energy challenges across U.S Industry”</p> <p>Documento: “Industrial Technologies Research Plan for Energy-Intensive Process Industries”</p> <p>Documento: “Energy Technologies Solutions – Public-private partnerships transforming industry”</p> <p>Documento: “IMPACTS – Industrial Technologies Program”</p> <p>Documento: “Waste Heat Recovery: Technology and Opportunities in U.S Industry”</p> <p>Documento: “Advanced Melting Technologies: Energy Savings Concepts and Opportunities for the Metal Casting Industry”</p> <p>Technology Deployment <a href="http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/rd/nextgen_manufacturing.html">http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/rd/nextgen_manufacturing.html</a></p> <p>Browse Content <a href="http://www1.eere.energy.gov/library/browsebytopic.aspx?Page=6">http://www1.eere.energy.gov/library/browsebytopic.aspx?Page=6</a></p> <p>e-bulletin <a href="http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/resources/ebulletin/">http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/resources/ebulletin/</a></p> <p>Advanced Manufacturing Office <a href="http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/">http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/</a></p>
<p><b>EPA. Environmental Protection Agency – ENERGY STAR</b></p>	<p>Documento: “Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Vehicle Assembly Industry”</p>

 <p>Libertad y Orden Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible República de Colombia</p>	<p>PROYECTO DE EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO</p> <p>PNUMA RISOE, MINAMBIENTE, UdeA-GASURE</p> <p>COMPILACIÓN DE BASES DE DATOS PARA LA IDENTIFICACION DE NUEVAS TECNOLOGÍAS Elaborada por el Grupo GASURE-UdeA</p>	 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803</p>
<p><b>Program</b></p>	<p>Documento: "Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the U.S. Iron and Steel Industry"</p>	
<p><b>ECCJ. Energy Conservation Center Japan</b></p>	<p><a href="http://www.asiaeec-col.eccj.or.jp/index.html">http://www.asiaeec-col.eccj.or.jp/index.html</a></p> <p><a href="http://www.eccj.or.jp/equip-e/index.php">Database for energy-saving equipment http://www.eccj.or.jp/equip-e/index.php</a></p>	
<p><b>TERI. The Energy and Resources Institute.</b></p>	<p><a href="http://www.teriin.org/index.php">http://www.teriin.org/index.php</a></p> <p>Industrial Energy Efficiency and Sustainable Technologies <a href="http://www.teriin.org/index.php?option=com_division&amp;task=view_area&amp;tp=proj&amp;id=14&amp;tp=proj">http://www.teriin.org/index.php?option=com_division&amp;task=view_area &amp;tp=proj&amp;id=14&amp;tp=proj</a></p> <p>Documento proyecto: "<a href="#">Assessment of black carbon emission and potential mitigation activities including energy efficiency in brick kiln industry</a>"</p> <p>Documento proyecto: "<a href="#">Accelerating replications of energy efficient and environment friendly technologies in small and micro enterprises - gray iron foundries</a>"</p>	
<p><b>UPME. Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia.</b></p>	<p>Link: Uso Racional de Energía en la Industria <a href="http://www.si3ea.gov.co/Home/UREenlaIndustria/tabid/117/language/en-US/Default.aspx">http://www.si3ea.gov.co/Home/UREenlaIndustria/tabid/117/language/ en-US/Default.aspx</a></p> <p>Documento: "Determinación de la eficiencia energética del subsector de hierro, acero y metales no ferrosos"</p> <p>Documento: "Determinación de la eficiencia energética del subsector industrial de ladrillo, vidrio y cerámica"</p> <p>Documento: "Ahorro de energía en la industria cerámica"</p>	
<p><b>NEDO. New Energy and Industrial Technology Development Organization</b></p>	<p>Documento: "Japanese Technologies for Energy Savings"</p> <p><a href="http://www.nedo.go.jp/english/">http://www.nedo.go.jp/english/</a></p>	
<p><b>CADDET. Centre for Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies</b></p>	<p><a href="http://caddet.org/aboutCADDET/">http://caddet.org/aboutCADDET/</a></p>	
<p><b>JIFMA. Japan Industrial Furnace Manufacturers Association</b></p>	<p><a href="http://www.jifma.or.jp/">http://www.jifma.or.jp/</a></p>	
<p><b>IHEA. Industrial Heating Equipment Association</b></p>	<p><a href="http://www.ihea.org/">http://www.ihea.org/</a></p> <p>Documento: "Advances in microwave heating technology"</p>	
<p><b>IREC. Infrared Equipment Division of the Industrial Heating Equipment</b></p>	<p><a href="http://www.ihea.org/ired.cfm">http://www.ihea.org/ired.cfm</a></p>	

 <p>Libertad y Orden Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible República de Colombia</p>	<p>PROYECTO DE EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO</p> <p>PNUMA RISOE, MINAMBIENTE, UdeA-GASURE</p> <p>COMPILACIÓN DE BASES DE DATOS PARA LA IDENTIFICACION DE NUEVAS TECNOLOGÍAS Elaborada por el Grupo GASURE-UdeA</p>	 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803</p>
<p><b>Association</b></p>		
<p><b>GTI. Gas Technology Institute</b></p>	<p><a href="http://www.gastechnology.org/webroot/app/xn/xd.aspx?it=enweb&amp;xd=1researchcap\1_3energyutil\1_3_0energyutilhomepage\euhomepage.xml">http://www.gastechnology.org/webroot/app/xn/xd.aspx?it=enweb&amp;xd=1researchcap\1_3energyutil\1_3_0energyutilhomepage\euhomepage.xml</a></p> <p>GTI End-Use Commercialized Products <a href="http://www.gastechnology.org/webroot/app/xn/xd.aspx?it=enweb&amp;xd=MarketResults/enduse_commProd.xml">http://www.gastechnology.org/webroot/app/xn/xd.aspx?it=enweb&amp;xd=MarketResults/enduse_commProd.xml</a></p>	
<p><b>Gaswärme Institute</b></p>	<p><a href="http://www.gwi-essen.de/index.php?id=57&amp;L=1">http://www.gwi-essen.de/index.php?id=57&amp;L=1</a></p> <p>Industrial Combustion Technology – Project List <a href="http://www.gwi-essen.de/index.php?id=231&amp;L=1">http://www.gwi-essen.de/index.php?id=231&amp;L=1</a></p>	
<p><b>IFRF. Industrial Flame Research Foundation</b></p>	<p><a href="http://www.ifrf.net/">http://www.ifrf.net/</a></p>	
<p><b>Gas Machinery Research Council. GMRC</b></p>	<p><a href="http://gmrc.org/">http://gmrc.org/</a></p>	
<p><b>Osaka Gas</b></p>	<p><a href="http://www.osakagas.co.jp/rd/use/indexe.html#04">http://www.osakagas.co.jp/rd/use/indexe.html#04</a></p>	
<p><b>Swedish Energy Agency. STEM</b></p>	<p><a href="http://www.energimyndigheten.se/en/">http://www.energimyndigheten.se/en/</a></p>	
<p><b>Red de Información para productores de ladrillo- Agencia Suiza para el desarrollo y la cooperación COSUDE</b></p>	<p><a href="http://www.redladrilleras.net">http://www.redladrilleras.net</a></p>	

## ANEXO 3 METODOLOGÍA DE PRIORIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS

### Selección de método de análisis multicriterio [50]

El método de evaluación y decisión multicriterio seleccionado fue el AHP (Proceso Analítico Jerárquico). El propósito del método es permitir que el agente decisor pueda estructurar un problema multicriterio de forma visual, por medio de la Construcción de un modelo jerárquico, descomponiendo una situación compleja, evaluándola y como resultado final se obtiene un orden de las alternativas de solución desde la mejor hasta la peor.

Algunos de estos componentes pueden ser medidos fácilmente porque se refieren a aspectos cuantitativos. La ventaja del AHP consiste en que adicionalmente permite incorporar aspectos cualitativos que suelen quedarse por fuera de los análisis debido a su complejidad para ser medidos, pero que pueden ser relevantes para algunos actores involucrados en la toma de decisión, como es el caso de riesgo, incertidumbre, equidad, participación, entre otros.(Avila, 2000)

El AHP ordena esos elementos en un Modelo Jerárquico, realiza comparaciones binarias (de a pares) y atribuye valores numéricos a los juicios (preferencias) realizados por las personas (respecto de la importancia relativa de cada elemento) y los sintetiza, agregando las soluciones parciales en una sola solución. Adicionalmente permite realizar el análisis de sensibilidad para observar y estudiar otras posibles soluciones al hacer cambios en la importancia de los elementos que conforman el Modelo.(Melgarejo & Moreno, 2007)

El AHP es una herramienta metodológica que ha sido aplicada en varios países para incorporar las preferencias de actores involucrados en un conflicto y/o proceso participativo de toma de decisión.

Dentro de las posibilidades de aplicaciones de la herramienta están entre otras:

- Formulación de políticas
- Priorización Cartera de Proyectos
- Gestión Ambiental
- Análisis costo beneficio
- Formulación de Estrategias de Mercado.

Algunas de las ventajas del AHP frente a otros métodos de Decisión Multicriterio son:

- Presentar un sustento matemático
- Permitir desglosar y analizar un problema por partes
- Permitir medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común
- Incluir la participación de diferentes personas o grupos de interés y generar un consenso
- Permitir verificar el índice de consistencia y hacer las correcciones, si es del caso
- Generar una síntesis y dar la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad
- Ser de fácil uso y permitir que su solución se pueda complementar con métodos matemáticos de optimización.(Avila, 2000)

La descripción detallada del fundamento matemático del método AHP se describe a continuación.

### Base matemática del AHP

El A.H.P. se basa en las propiedades de las matrices para la asignación de ponderaciones a los juicios establecidos por los decisores y para la normalización de las matrices de comparaciones por pares. Para establecer las ponderaciones, el AHP solicita al decisor asignar un peso de la comparación entre dos alternativas, en función a un determinado criterio, ésta comparación es más conocida como comparación por pares. Así mismo, se hace uso del proceso matemático de síntesis para la obtención de resultados. (Operativa & P, 2006)

Saaty elaboró una tabla de escala de preferencias (Ver Tabla 69), que es usada para ponderar los juicios de los decisores entre dos criterios y/o alternativas. Una vez obtenidas las ponderaciones, se elabora la matriz de comparaciones por pares.

Tabla 69 Escala de preferencias

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
1	Igual importancia	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio
3	Moderadamente más importante un elemento que el otro	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro
5	Fuertemente más importante un elemento que otro	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro
7	Mucho más fuerte la importancia de un elemento que la del otro	Un elemento domina fuertemente. Su dominación está probada en practica
9	Importancia extrema de un elemento frente al otro	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible
2, 4, 6, 8 Valores intermedios	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	Usados como valores de consenso entre dos juicios

(Saaty, 1990)

### Matriz de comparaciones por pares

Es una matriz que posee las siguientes características:

Sea A una matriz, de dimensiones  $n \times n$  ("n" filas y "n" columnas), es decir, una matriz cuadrada, donde  $n \in \mathbb{Z}^+$ .

Sea  $a_{ij}$  un elemento de la matriz A (donde  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  y  $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ); que representa la preferencia de un criterio y/o alternativa "i" (fila) sobre otro criterio y/o alternativa "j" (columna). Cuando  $i = j$ , el valor de  $a_{ij} = 1$ , debido a que se están comparando dos criterios y/o alternativas iguales.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

El producto de  $a_{ij} \cdot a_{ji} = 1$ , lo cual está sustentado en los siguientes axiomas

- Axioma N° 1: referente a la condición de juicios recíprocos; la intensidad de preferencia de  $a_i/a_j$  es inversa a la preferencia de  $a_j/a_i$ .
- Axioma N° 2: referente a la condición de homogeneidad de los elementos; los elementos que se comparan son del mismo orden de magnitud.
- Axioma N° 3: referente a la condición de estructura jerárquica o estructura dependiente de reaprovechamiento; dependencia en los elementos de dos niveles consecutivos en la jerarquía y dentro de un mismo nivel.
- Axioma N° 4: referente a la condición de expectativas de orden de rango; las expectativas deben estar representadas en la estructura en términos de criterios y alternativas. (Operativa & P, 2006)

Una vez obtenidas las matrices de comparación por pares, se procede a calcular las prioridades de cada criterio y/o alternativa comparada. El proceso matemático de calcular las prioridades es llamada síntesis, dicho proceso implica el cálculo de valores y vectores característicos.

La manera de sintetizar juicios es la siguiente:

- Primero se suman todos los valores en cada columna de la matriz de comparación por pares.
- Luego se divide cada valor de la matriz entre la sumatoria resultante obtenida en cada columna correspondiente a dicho valor. El resultado de esta división produce la llamada matriz de comparación por pares normalizada.
- Por último, se calcula el promedio aritmético con los valores presentes de cada fila de la matriz normalizada. De esa manera se obtiene una matriz con las prioridades de cada criterio y/o alternativa.

(Operativa & P, 2006)

### Matriz de prioridades

Es una matriz que expresa las prioridades de cada criterio en función a la meta global.

$$\begin{array}{c}
 \text{Meta} \\
 \text{Global} \\
 \begin{array}{l}
 \text{Criterio 1} \\
 \text{Criterio 2} \\
 \dots \\
 \text{Criterio } m
 \end{array}
 \begin{pmatrix}
 P'_1 \\
 P'_2 \\
 \dots \\
 P'_m
 \end{pmatrix}
 \end{array} \quad (2)$$

Donde:

m : número de criterios.

P'm : Prioridad del criterio "i" respecto a la meta global(" i = 1,2,3,...,m criterios)

La matriz de prioridades también expresa las prioridades de cada alternativa, en función a cada criterio.

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c}
 \text{Alternativa 1} \\
 \text{Alternativa 2} \\
 \dots \\
 \text{Alternativa } n
 \end{array}
 \begin{pmatrix}
 \begin{array}{cccc}
 \text{Criterio 1} & \text{Criterio 2} & \dots & \text{Criterio } m
 \end{array} \\
 P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\
 P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm}
 \end{pmatrix}
 \end{array} \quad (3)$$

Donde:

Pij : prioridad de la alternativa "i", respecto al criterio "j".

(" i = 1, 2,3,..., n alternativas y " j = 1, 2,3,..., m criterios)

Ya obtenidas las matrices de prioridad de los criterios respecto a la meta global y de las alternativas respecto a los criterios, se procede a calcular la matriz de prioridad global:

$$\begin{pmatrix}
 P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\
 P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm}
 \end{pmatrix}
 \begin{pmatrix}
 P'_1 \\
 P'_2 \\
 \dots \\
 P'_m
 \end{pmatrix}
 =
 \begin{pmatrix}
 Pg_1 \\
 Pg_2 \\
 \dots \\
 Pg_n
 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Donde:

Pg<sub>n</sub>: Prioridad global respecto a la meta global de la alternativa i.

(" i = 1, 2,3,..., n alternativas)



El equipo consultor consideró de gran importancia la incorporación del criterio de beneficios tecnológicos (el cual no se define en la metodología del TNA), el cual proporciona información acerca de la implementación tecnológica en el contexto industrial del país.

### **Descripción de los criterios y subcriterios considerados para la priorización de las tecnologías**

**Financieros.** La variable a considerar es la tasa interna de retorno. El ejercicio que se realiza es considerar como línea base la eficiencia energética y el consumo de combustible del proceso antes del cambio de tecnología, conocida la eficiencia y costos de la nueva tecnología, se estima el ahorro anual y con otras consideraciones adicionales, se determina la variable anteriormente indicada para cada tecnología, denominado C1.

**Beneficios económicos.** Para este criterio se referencian las siguientes consideraciones:

-Mejora de la productividad y competitividad de pequeñas y medianas empresas, como consecuencia de la reducción de costos energéticos, rapidez y uniformidad del calentamiento y mejor calidad de los productos, denominado BE1.

-Contribución al desarrollo sectorial, denominada BE2.

**Beneficios sociales.** Para este criterio se referencian las siguientes consideraciones

-Condiciones de salud ocupacional en las Pymes, denominado BS1

-Conservación y creación de nuevos empleos debido a la mejora de la competitividad de PYMES con costos energéticos elevados, denominado BS2.

-Distribución del ingreso por el fortalecimiento de PYMES competitivas, denominado BS3.

-Aprendizaje tecnológico como resultado de la transferencia tecnológica, con lo cual se puede disponer de proyectos instalados, para dar a otros sectores e incrementar su eficiencia energética y reducir emisiones contaminantes denominado BS4.

**Beneficios ambientales.** Se tendrán como referencia las siguientes consideraciones:

-Reducción de las emisiones de óxidos nitrosos y monóxido de carbono, denominado BA1.

-Reducción de emisiones de material particulado, denominado BA2.

-Reducción de niveles de ruido, denominado BA3.

-Reducción de la contaminación de suelos y aguas, por la disminución de vertimiento de escorias y cenizas, denominado BA4.

-Reducción de la contaminación electromagnética por campos de baja y alta intensidad, denominado BA5.

**Beneficios tecnológicos.** Si bien la metodología TNA considera para el análisis multicriterio las variables anteriormente descritas, en este trabajo se ha considerado pertinente referenciar y explicitar los beneficios tecnológicos independientes de los beneficios económicos. En este contexto se referencian las siguientes consideraciones.

- La escala, orden de magnitud de las especificaciones técnicas, sean adaptables a la escala económica y limitaciones en la cultura tecnológica de las pymes en el sector metalmecánico y ladrillero colombiano, denominado BT1.
- Grado de complejidad y adaptabilidad de la tecnología a las pymes del sector metalmecánico y ladrillero colombiano, BT2.
- La tecnología debe ser compatible con los energéticos disponibles comercialmente en el país, preferiblemente que utilice energético con el menor factor de emisión posible de gases de efecto invernadero, en este sentido las prioridades se orientan al uso del gas natural, combustibles de origen renovable y electricidad, pero desde luego teniendo en cuenta las restricciones que se originan por los altos precios de los energéticos de mejor calidad, denominado BT3.

- Disponer de una cadena de proveedores que garanticen de manera oportuna y permanente los servicios de posventa de reposición de partes, mantenimiento y calibración, denominado BT4.
- Garantizar la mayor aplicación transversal posible de la tecnología, en el sentido de que ella pueda ser aplicada a múltiples procesos en el sector metalmecánico, denominado BT5.
- Madurez de la tecnología, denominado BT6.

**Escala de medida para la calificación de los subcriterios**

**Financieros:** Teniendo en cuenta el orden de magnitud de la TIR, se establecen los valores para la calificación de este criterio, los cuales se establecen en la Tabla 70.

**Tabla 70 Criterios de calificación para la TIR [51]**

TIR	CRITERIO	INTERESADOS FINANCIACIÓN	PAYBACK	CALIFICACIÓN
<b>TIR&lt;0.0% o no existe</b>	Si la TIR es menor que cero, los ingresos por ahorros, subsidios y donaciones no permiten cubrir el costo de capital y los costos de operación de la propuesta. Sin subsidios o donaciones adicionales, la propuesta no es financieramente viable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Donantes</li> <li>• Gobiernos</li> <li>• Caridad</li> </ul>	No se realiza devolución del dinero obtenido para realizar el proyecto. El riesgo del proyecto recae sobre el ejecutor	1
<b>0%&lt;TIR&lt;5%</b>	Si la TIR es positiva, pero inferior al rango de 5% a 7%, la propuesta es financieramente auto sostenible, pero puede verse en una situación en la que tendría limitado o nulo interés por parte del sector privado para ser objeto de inversiones. Prestamistas, inversionistas o donantes que valoren el desarrollo económico que tiene en cuenta el medio ambiente y que tiene un impacto o transformación en el mercado podrían considerar un proyecto con ese nivel de tasa interna de retorno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Donantes</li> <li>• Gobiernos</li> <li>• Caridad</li> <li>• Entidades multilaterales</li> </ul>	pero en caso de fallo no hay lugar a payback.	2
<b>5%&lt;TIR&lt;7%</b>	Si la TIR es positiva, superior o igual al intervalo entre 5% a 7%, la propuesta deberá ser estudiada en detalle, esto es desarrollar más las implicaciones fiscales e impositivas, estructura y forma de pago de la deuda así como posibles ingresos adicionales que tendría (por ejemplo venta de certificados de reducción de emisiones). Un nivel de TIR superior al intervalo del 5% al7% podría ser o no ser interesante para el sector privado. Prestamistas, inversionistas o donantes especializados verían un potencial en este tipo de proyectos y estarían interesados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entidades multilaterales</li> <li>• Subsidio gubernamental</li> </ul>	Debe realizarse pago de los recursos obtenidos si o si. El riesgo del proyecto es asumido en su totalidad por el ejecutor. En caso de fallo debe responder por los recursos mediante garantías o recursos	3
<b>7%&lt;TIR&lt;10%</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bancos</li> <li>• Fondos de pensiones</li> </ul>		4

	en invertir.		propios.	
<b>TIR&gt;10%</b>	Si la tasa de retorno del proyecto es superior al 10%, es necesario desarrollar en profundidad los detalles del flujo financiero; es muy probable que inversionistas y prestamistas estén muy interesados en participar en el proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bancos</li> <li>• Fondos de pensiones</li> <li>• Inversionistas (equity)</li> </ul>	Los inversionistas son accionistas del proyecto. El riesgo del proyecto es asumido tanto por el ejecutor como sus accionistas. En caso de fallo, tanto accionistas como ejecutor asumen pérdidas o ganancias.	5

Para los demás subcriterios, se define una calificación dependiendo del grado de satisfacción que se tenga para cada uno de estos por parte de las tecnologías. En la Tabla 71 se muestran los rangos de valores para la calificación de cada subcriterio con su correspondiente justificación.

Tabla 71 Escala de medida para la calificación de subcriterios considerados en la priorización

CRITERIOS	SUBCRITERIOS		ESCALA DE MEDIDA
Financieros	C1	Tasa interna de retorno	Valor entre 1 y 5 1: TIR<0.0% o no existe 2: 0%<TIR<5% 3: 5%<TIR<7% 4: 7%<TIR<10% 5: TIR>10%
			Beneficios económicos
BE2	Contribución al desarrollo sectorial	Valor entre 0 y 10 0: Contribución nula 4: Contribución baja 7: Contribución media 10: Contribución alta	
Beneficios sociales	BS1	Condiciones de salud ocupacional en los recintos de las Pymes	
			BS2

CRITERIOS	SUBCRITERIOS	ESCALA DE MEDIDA	
Beneficios ambientales	BS3	nuevos empleos (mejora en la competitividad de las Pymes)	0: Reducción en la mano de obra 4: Conservación de empleo, y creación de empleo nula 7: Creación de empleos media 10: Creación de empleos alta Valor entre 0 y 10
		Distribución del ingreso por el fortalecimiento de PYMES competitivas	0: Mejora en la distribución del ingreso nula 4: Mejora en la distribución del ingreso baja 7: Mejora en la distribución del ingreso media 10: Mejora en la distribución del ingreso alta Valor entre 0 y 10
	BS4	Aprendizaje tecnológico como resultado de la transferencia tecnológica	0: Aprendizaje tecnológico nulo 4: Aprendizaje tecnológico bajo 7: Aprendizaje tecnológico medio 10: Aprendizaje tecnológico alto Valor entre 0 y 10
	BA1	Reducción de las emisiones de óxidos nitrosos y monóxido de carbono	0: Reducción nula 4: Reducción baja 7: Reducción media 10: Reducción alta Valor entre 0 y 10
			0: Reducción nula 4: Reducción baja 7: Reducción media 10: Reducción alta Valor entre 0 y 10
	BA2	Reducción de emisiones de material particulado	0: Reducción nula 4: Reducción baja 7: Reducción media 10: Reducción alta Valor entre 0 y 10
	BA3	Reducción de niveles de ruido	0: Reducción nula 4: Reducción baja 7: Reducción media 10: Reducción alta Valor entre 0 y 10
	BA4	Reducción de la contaminación de suelos y aguas, por la disminución de vertimiento de escorias y cenizas	0: Reducción nula 4: Reducción baja 7: Reducción media 10: Reducción alta Valor entre 0 y 10
			0: Reducción nula 4: Reducción baja 7: Reducción media 10: Reducción alta Valor entre 0 y 10
	BA5	Contaminación electromagnética por campos de baja y alta intensidad.	0: Contaminación Alta 4: Contaminación media 7: Contaminación baja 10: Contaminación nula Valor entre 0 y 10
Beneficios Tecnológicos	BT1	La escala producción y orden de magnitud de las especificaciones técnicas (adaptables a Pymes)	0: la nueva tecnología queda sobredimensionada en mas de un 100% 4: la nueva tecnología queda sobredimensionada en mas del 60% 7: la nueva tecnología queda sobredimensionada en mas del 30% 10: Tamaño de escala compatible con los procesos Valor entre 0 y 10
			0: Grado de complejidad alto y nula posibilidad de adaptación 4: Grado de complejidad alto y posibilidades bajas de adaptación 7: Grado de complejidad alto y posibilidades altas de adaptación 10: Grado de complejidad media y posibilidades altas de adaptación Valor entre 0 y 10
	BT2	Grado de complejidad y adaptabilidad de la tecnología	0: Grado de complejidad alto y nula posibilidad de adaptación 4: Grado de complejidad alto y posibilidades bajas de adaptación 7: Grado de complejidad alto y posibilidades altas de adaptación 10: Grado de complejidad media y posibilidades altas de adaptación Valor entre 0 y 10
BT3	Tecnología compatible con los	Valor entre 0 y 10	

CRITERIOS	SUBCRITERIOS	ESCALA DE MEDIDA
	energéticos disponibles en el país y flexibilidad para usar energéticos diferentes	0: No es compatible y no flexible 4: Compatible y no flexible 7: Compatible y flexible con adaptaciones menores 10: Compatible y flexible
	Disponibilidad de proveedores (de reposición de partes, mantenimiento y calibración)	Valor entre 0 y 10
		0: No se dispone de proveedores 4: Disposición de proveedores con dominio comercial, pero no tecnológico y sin capacidad de innovación 7: Disposición de proveedores con dominio comercial y tecnológico pero sin capacidad de innovación 10: Disposición de proveedores con dominio comercial, dominio tecnológico y capacidad de innovación
	Garantizar la mayor aplicación transversal posible de la tecnología (múltiples procesos del sector)	Valor entre 0 y 10
1: Aplicable a un solo proceso 4: Aplicable a 2 procesos 7: Aplicable a 4 procesos 10: Aplicable a los 6 procesos		
BT6	Madurez de la tecnología	Valor entre 0 y 10

## ANEXO 4 FICHAS TÉCNICAS DE LAS TECNOLOGÍAS PRIORIZADAS

### A.4.1 Subsector metalmeccánico

#### HORNO DE CRISOL AUTOREGENERATIVO

TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	HORNO DE CRISOL
<i>Sector</i>	Industria
<i>División</i>	Manufactura
<i>Sub sector</i>	Metalmecánico: Sector perteneciente a los códigos CIU: D273200: Fundición de metales no ferrosos (en Pymes). D289200: Tratamiento y revestimiento de metales; trabajos de ingeniería mecánica en general.
<i>Nombre de tecnología</i>	Horno de crisol auto-regenerativo para la fusión de metales no ferrosos y tratamientos térmicos.
<i>Nombre opcional</i>	Horno de crisol con recuperación auto-regenerativa de calor.
<i>Emisiones de GEI del Subsector (kg de CO<sub>2e</sub>)*</i>	La cuantificación de emisiones se realizó con base al estado de la tecnología actualmente utilizada las cuales son: hornos de crisol sin recuperación de calor y quemadores convencionales sin recuperación de calor. Eficiencia: 28.8% Energético: Combustible/Gas Natural <b>kg CO<sub>2e</sub>/Tonelada de producto : 234.1</b>
<i>Escala</i>	Pequeña - Mediana
<i>Disponibilidad</i>	Disponible en el mercado nacional.
<i>Tecnología a ser incluida en la priorización?*</i>	La tecnología será incluida en la priorización realizar por el panel de evaluación de los actores.
<i>Racionalidad del proyecto ¿Por qué la opción ha sido considerada inapropiada? (por ejemplo si recursos hídricos no están disponibles)</i>	Será definida por el panel de evaluación de los actores a partir de los resultados de la priorización de tecnologías.
<i>Antecedentes/ Descripción corta de la opción tecnológica desde el ClimateTechWiki, Seminarios, etc.</i>	La tecnología de los quemadores regenerativos puede aplicarse a diferentes configuraciones y diferentes procesos de calentamiento de alta temperatura en el sector metalmeccánico. El horno de crisol auto-regenerativo desarrollado por EPM-UdeA-INDISA, permite reducir la escala los de quemadores regenerativos usualmente empleados en hornos reverberos de gran capacidad (>2 Ton), en hornos de capacidad de 200 kg de aluminio por bache y 500 kg de cobre por bache, con lo cual se garantiza producciones promedio día entre 400-600 kg de aluminio y 800-1000 kg de cobre. Equipado con un quemador auto-regenerativo de una llama con una potencia de 120 kW, que permite obtener consumos <b>específicos de combustible de 500 kWh/ton</b> y tasas de fusión en frío de 95 kg/h. Entre las principales características del equipo se destacan su alta eficiencia térmica ( <b>eficiencia del 80%</b> ), con lo cual se garantizan reducciones en el consumo del gas natural al menos de un 50% con respecto a la tecnología actual. <b>Bajas emisiones de CO y NOx</b> , y el hecho de que no existe una descarga de gases a alta temperatura en la parte superior o inmediaciones del horno, facilitando el trabajo de los operarios y evitando accidentes. Adicionalmente cuenta con un sistema de volteo que permite descargar fácilmente el metal fundido a los recibidores. El sistema además cuenta con un sistema de alto-fuego – bajo fuego, que permite reducir aún más el consumo de combustible una vez las temperatura en el horno son lo suficientemente altas. El sistema está compuesto por tres elementos principales, el horno con su estructura de soporte y sistema de volteo, el tablero de control y los módulos de auxiliares donde se encuentra el tren de suministro del combustible y el sistema de suministro de aire donde se encuentra un

TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	HORNO DE CRISOL
	<p>sistema de eyección y un sistema de conmutación con una válvula de 4 vías que permite la operación del sistema en modo regenerativo.</p> <p>El horno tiene una configuración flexible que le permite ser aplicado en otros procesos de calentamiento como: los tratamientos térmicos. También con pequeños ajustes, por ejemplo enriqueciendo el aire a un 24% de O2 puede ser aplicado en la fusión de otros metales como el magnesio, el oro y en fusión de materiales ferrosos.</p>
<p><b>Supuestos de implementación</b> <i>¿Cómo la tecnología será implementada y difundida en el subsector?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Aprovechar los programas PROURE e incentivos tributarios de COLCIENCIAS para incentivar la transferencia y adaptación de estas tecnologías.</li> <li>* Programas piloto de demostración de la tecnología</li> <li>* Incentivos para la disminución del consumo de energía y la emisión de gases</li> <li>* Proyectos sombrilla de bonos de CO2 para apalancar proyectos de transferencia de tecnología</li> <li>* Se requiere una evaluación exhaustiva del estado tecnológico de los hornos donde se aplique la tecnología para poder lograr las altas eficiencias.</li> </ul>
<p><b>Reducción de las Emisiones de GEI (kg de CO2e)</b></p>	<p>La cuantificación de emisiones se realizó con base a las características de la nueva tecnología Eficiencia: 80% Capacidad: 1.6 Ton/día de aluminio (factor de utilización 100%) Energético: Combustible/Gas Natural <b>kg CO2e reducidos/Tonelada de producto : 84</b> <b>% Reducción: 64.0</b></p>
<p><b>Impactos: Cómo esta opción impacta las prioridades de desarrollo del país</b></p>	
<p><b>Prioridades de desarrollo social del país*</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Garantizar la competitividad de las PyMES del sector metalmeccánico a través de la reducción de los costos de producción, permitiendo la generación de empleo en las principales ciudades con vocación industrial del país.</li> <li>* Mejora de las condiciones de salud ocupacional en los recintos de trabajo en las Pymes, como consecuencia de la disminución de emisión de material particulado, reducción de contaminación térmica y disminución de niveles de ruido.</li> <li>* Aprendizaje tecnológico como resultado de la transferencia tecnológica, con lo cual se puede disponer de proyectos instalados, para dar a otros sectores e incrementar su eficiencia energética y reducir emisiones contaminantes.</li> </ul>
<p><b>Prioridades de desarrollo económico del país*</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Mejora de la productividad y competitividad de pequeñas y medianas empresas, como consecuencia de la reducción de costos energéticos, rapidez y uniformidad del calentamiento y mejor calidad de los productos.</li> <li>* Contribución a la estrategia nacional de transformación productiva nacional, desarrollo de sectores de clase mundial y mejorar en la capacidad exportadora, al ser posible el suministro de bienes de calidad y costos competitivos a sectores estratégicos como el automotriz, construcción, petroquímico y minero.</li> </ul>
<p><b>Prioridades de desarrollo ambiental del país*</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero como consecuencia del aumento de la eficiencia energética.</li> <li>* Reducción de la contaminación de suelos y aguas, por la disminución de vertimiento de escorias y cenizas.</li> <li>* Reducción de las emisiones de óxidos nitrosos y monóxido de carbono.</li> <li>* Contribución a la estrategia nacional de desarrollo bajo en carbono.</li> </ul>
<p><b>Otras consideraciones y prioridades como el potencial de mercado</b></p>	<p>Divulgación y apropiación tecnológica que pueden tener efectos demostrativos en otros sectores, para soportar procesos de optimización energética y modernización tecnológica. Desarrollo tecnológico nacional en tecnologías de combustión y calentamiento de alta eficiencia energética y bajas emisiones de gases de efecto invernadero.</p>
<p><b>Costos</b></p>	
<p><b>Costo de tecnología (año)</b></p>	<p style="text-align: right;"><b>\$ 110.000.000</b></p>

TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	HORNO DE CRISOL
2012)	
Costos de capital en 5 años*	\$ 30.092.810
Costos de operación y mantenimiento en 1 año**	\$ 26.332.662
Costos de operación y mantenimiento en 10 años**	\$ 224.622.946
Otros costos en x años	
*Costo de capital basado en una tasa de interés de crédito efectivo anual de 9,24% y una inflación anual de 3%, el costo de capital en 5 años es calculado con un impuesto de 33%, y el costo de capital en 10 años es calculados sin impuestos	
**Costo de operación basado en una producción de aluminio de 576 ton/año (1.6 ton/día con un factor de uso 100%)	

### HORNO DE INDUCCIÓN

TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	HORNO DE INDUCCIÓN
Sector	Industria
División	Manufactura
Sub sector	Metalmecánico: Sector perteneciente a los códigos CIUU: D273100: Fundición de productos de hierro o acero (en Pymes) D273200: Fundición de metales no ferrosos (en Pymes). D289100: Forja, prensado y laminado de metal; pulvimetalurgia.
Nombre de tecnología	Horno de Inducción para fusión de Ferrosos
Emisiones de GEI del Subsector (kg de CO <sub>2e</sub> )*	La cuantificación de emisiones se realizó con base al estado de la tecnología actualmente utilizada, las cuales son hornos de cúpula que utilizan como combustible coque, generando grandes emisiones de CO <sub>2</sub> , monóxido de carbono, cenizas y escorias. Son equipos de baja eficiencia. Eficiencia: 26% Energético: Combustible/Coque <b>kg CO<sub>2e</sub>/Tonelada de producto : 457.2</b>
Escala	Pequeña - Mediana - Grande
Disponibilidad	Está disponible en el mercado internacional, no se conoce producción nacional de esta tecnología y su divulgación y adopción en el país aún es muy débil.
Tecnología a ser incluida en la priorización?*	La tecnología será incluida en la priorización realizada por el panel de evaluación de los actores.
Racionalidad del proyecto ¿Por qué la opción ha sido considerada inapropiada? (por ejemplo si recursos hídricos no están disponibles)	Será definida por el panel de evaluación de los actores a partir de los resultados de la priorización de tecnologías.
Antecedentes/ Descripción corta de la opción tecnológica desde el ClimateTechWiki, Seminarios, etc.	Un Horno de inducción es un horno eléctrico en el que el calor es generado por calentamiento por la inducción electromagnética de un medio conductivo (un metal) en un crisol, alrededor del cual se encuentran enrolladas bobinas magnéticas. Los principales componentes de un sistema de calentamiento por inducción son: la bobina de inducción, la fuente de alimentación, la etapa de acoplamiento de la carga, una estación de enfriamiento y la pieza a ser tratada. El rango de frecuencias de operación va desde la frecuencia de red (50 ó 60 Hz) hasta los 10 kHz, en función del metal que se quiere fundir, la capacidad del horno y la velocidad de fundición Las fundiciones más modernas utilizan este tipo de horno y cada vez más fundiciones están sustituyendo los altos hornos por los de inducción, debido a que aquellos generaban mucho polvo entre otros contaminantes.



TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	HORNO DE INDUCCIÓN
	<p>Capacidades: 60kg-100Ton Fundición de metales: Hierro, acero, cobre, aluminio, metales preciosos. Restricción: La carga debe ser de composición conocida y estar libre de productos oxidantes. Una ventaja del horno de inducción es que es limpio, eficiente desde el punto de vista energético (<b>eficiencia del 97%</b>), y es un proceso de fundición y de tratamiento de metales más controlable que con la mayoría de los demás modos de calentamiento. Otra de sus ventajas es la capacidad para generar una gran cantidad de calor de manera rápida, un horno para una tonelada precalentado puede fundir una carga fría en menos de una hora. En la práctica se considera que se necesitan <b>600 kW</b> para fundir una tonelada de hierro en una hora. Especificaciones técnicas de la tecnología definen un <b>consumo específico de 570 kWh/ton.</b></p>
<p><b>Supuestos de implementación</b> <i>¿Cómo la tecnología será implementada y difundida en el subsector?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Aprovechar los programas PROURE e incentivos tributarios de COLCIENCIAS para incentivar la transferencia y adaptación de estas tecnologías.</li> <li>* Programas piloto de demostración de la tecnología</li> <li>* Incentivos para la disminución del consumo de energía y la emisión de gases</li> <li>* Proyectos sombrilla de bonos de CO2 para apalancar proyectos de transferencia de tecnología</li> <li>* Se requiere una evaluación exhaustiva del estado tecnológico de los hornos donde se aplique la tecnología para poder lograr las altas eficiencias.</li> </ul>
<p><b>Reducción de las Emisiones de GEI (kg de CO<sub>2</sub>e)</b></p>	<p>La cuantificación de emisiones se realizó con base a las características de la nueva tecnología Eficiencia: 97% Energético: Electricidad Capacidad: 3Ton/h (factor de utilización 80%) <b>kg CO<sub>2</sub>e reducidos/Tonelada de producto : 0</b> <b>% Reducción: 100</b></p>
<p><b>Impactos: Cómo esta opción impacta las prioridades de desarrollo del país</b></p>	
<p><b>Prioridades de desarrollo social del país*</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Garantizar la competitividad de las PyMES del sector metalmeccánico a través de la reducción de los costos de producción, permitiendo la generación de empleo en las principales ciudades con vocación industrial del país.</li> <li>* Mejora de las condiciones de salud ocupacional en los recintos de trabajo en las Pymes, como consecuencia de la disminución de emisión de material particulado, reducción de contaminación térmica y disminución de niveles de ruido.</li> <li>* Aprendizaje tecnológico como resultado de la transferencia tecnológica, con lo cual se puede disponer de proyectos instalados, para dar a otros sectores e incrementar su eficiencia energética y reducir emisiones contaminantes.</li> </ul>
<p><b>Prioridades de desarrollo económico del país*</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Mejora de la productividad y competitividad de pequeñas y medianas empresas, como consecuencia de la reducción de costos energéticos, rapidez y uniformidad del calentamiento y mejor calidad de los productos.</li> <li>* Contribución a la estrategia nacional de transformación productiva nacional, desarrollo de sectores de clase mundial y mejorar en la capacidad exportadora, al ser posible el suministro de bienes de calidad y costos competitivos a sectores estratégicos como el automotriz, construcción, petroquímico y minero.</li> </ul>
<p><b>Prioridades de desarrollo ambiental del país*</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Nulas emisiones de gases de efecto invernadero como consecuencia del cambio de energético (coque a electricidad) y aumento de la eficiencia energética.</li> <li>* Reducción de la contaminación de suelos y aguas, por la disminución de vertimiento de escorias y cenizas.</li> <li>*Nulas emisiones de óxidos nitrosos y monóxido de carbono.</li> <li>* Contribución a la estrategia nacional de desarrollo bajo en carbono.</li> </ul>

TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	HORNO DE INDUCCIÓN
<i>Otras consideraciones y prioridades como el potencial de mercado</i>	Divulgación y apropiación tecnológica que pueden tener efectos demostrativos en otros sectores, para soportar procesos de optimización energética y modernización tecnológica.
<b>Costos</b>	
<i>Costo de tecnología (año 2012)</i>	\$ 229.320.000
<i>Costos de capital en 5 años*</i>	\$ 62.735.302
<i>Costos de operación y mantenimiento en 1 año**</i>	\$ 1.460.019.897
<i>Costos de operación y mantenimiento en 10 años**</i>	\$ 12.454.265.866
<i>*Costo de capital basado en una tasa de interés de crédito efectivo anual de 9,24% y una inflación anual de 3%, el costo de capital en 5 años es calculado con un impuesto de 33%, y el costo de capital en 10 años es calculados sin impuestos</i>	
<i>**Costo de operación basado en una producción de acero de 12960 ton/año (3 ton/h con un factor de uso 50%) y precio de 3002\$/kWh.</i>	

## QUEMADORES AUTORECUPERATIVOS

TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	QUEMADORES AUTO-RECUPERATIVOS
<i>Sector</i>	Industria
<i>División</i>	Manufactura
<i>Sub sector</i>	Metalmecánico: Sector perteneciente a los códigos CIU: D281100: Fabricación de productos metálicos para uso estructural. D289100: Forja, prensado y laminado de metal; pulvimetalurgia. D289200: Tratamiento y revestimiento de metales; trabajos de ingeniería mecánica en general. D289300: Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería.
<i>Nombre de tecnología</i>	Quemadores auto-recuperativos para la fusión de metales no ferrosos y tratamiento térmico de metales ferrosos
<i>Nombre opcional</i>	
<i>Emisiones de GEI del Subsector (kg de CO<sub>2</sub>e)*</i>	La cuantificación de emisiones se realizó con base a la tecnología actual que son quemadores convencionales sin recuperación de calor, cuyas eficiencias son bajas (<35%). Eficiencia: 30.6% Energético: Combustible/Gas Natural <b>kg CO<sub>2</sub>e/Tonelada de producto : 88.9</b>
<i>Escala</i>	Pequeña - Mediana - Grande
<i>Disponibilidad</i>	Disponible en el mercado nacional debido a que hay representantes de importantes fabricantes mundiales.
<i>Tecnología a ser incluida en la priorización?*</i>	La tecnología será incluida en la priorización realizada por el panel de evaluación de los actores.
<i>Racionalidad del proyecto ¿Por qué la opción ha sido considerada inapropiada? (por ejemplo si recursos hídricos no están disponibles)</i>	Será definida por el panel de evaluación de los actores a partir de los resultados de la priorización de tecnologías.
<i>Antecedentes/ Notas Descripción corta de la opción tecnológica desde el ClimateTechWiki, Seminarios, etc.</i>	Los quemadores con recuperación de calor integrada constituyen el método más eficiente para recuperar el calor sensible portado por los productos de combustión en hornos industriales operando a altas temperaturas. Los quemadores auto-recuperativos cuentan con un intercambiador de calor gas - gas incorporado en el cuerpo del quemador que permitan entregar parte de la energía sensible de los productos de

TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	QUEMADORES AUTO-RECUPERATIVOS
	<p>combustión al aire de combustión. Estos quemadores cuentan con un sistema eyección que permiten la extracción de los gases a través del mismo quemador.</p> <p>A diferencia de los quemadores regenerativos, los quemadores recuperativos no trabajan en ciclos, por lo que el sistema de control es más simple, tampoco cuenta con lechos cerámicos, aunque los nuevos equipos cuentan con cañones cerámicos en carburo de silicio que actúan como recuperadores de calor, debido a esta mayor simplicidad los quemadores recuperativos tienen menores costos de inversión que los quemadores regenerativos, sin embargo su efectividad de recuperación de calor también es un poco menor, alrededor de <b>60-75%</b>, por lo que son menos eficientes. Para la selección de la tecnología más apropiada deberán balancearse las características del proceso y de los quemadores contra la inversión requerida y los costos de mantenimiento, de tal manera que se obtengan los mayores beneficios económicos.</p> <p>La aplicación de estos quemadores requiere inicialmente examinar el estado térmico de los hornos donde se implementarán, así por ejemplo si el horno en donde se instalará el quemador auto-recuperativo, se caracteriza por mal aislamiento de las paredes e infiltración de aire frío del exterior, la ventaja comparativa de esta tecnología se ve fuertemente reducida en tanto no se obtienen las eficiencias características de esta tecnología, cuando ella se aplique en hornos en condiciones óptimas de operación.</p>
<p><b>Supuestos de implementación</b> <b>¿Cómo la tecnología será implementada y difundida en el subsector?</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Aprovechar los programas PROURE e incentivos tributarios de COLCIENCIAS para incentivar la transferencia y adaptación de estas tecnologías.</li> <li>* Programas piloto de demostración de la tecnología</li> <li>* Incentivos para la disminución del consumo de energía y la emisión de gases</li> <li>* Proyectos sombrilla de bonos de CO2 para apalancar proyectos de transferencia de tecnología</li> <li>* Se requiere una evaluación exhaustiva del estado tecnológico de los hornos donde se aplique la tecnología para poder lograr las altas eficiencias.</li> </ul>
<p><b>Reducción de las Emisiones de GEI (kg de CO<sub>2</sub>e)</b></p>	<p>La cuantificación de emisiones se realizó con base a las características de la nueva tecnología</p> <p>Eficiencia: 75%</p> <p>Energético: Combustible/Gas Natural</p> <p>Potencia: 158 kW (factor de utilización 80%)</p> <p><b>kg CO<sub>2</sub>e reducidos/Tonelada de producto : 36.3</b></p> <p><b>% Reducción: 59.2</b></p>
<p><b>Impactos: Cómo esta opción impacta las prioridades de desarrollo del país</b></p>	
<p><b>Prioridades de desarrollo social del país*</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Garantizar la competitividad de las PyMES del sector metalmeccánico a través de la reducción de los costos de producción, permitiendo la generación de empleo en las principales ciudades con vocación industrial del país.</li> <li>* Mejora de las condiciones de salud ocupacional en los recintos de trabajo en las Pymes, como consecuencia de la disminución de emisión de material particulado, reducción de contaminación térmica y disminución de niveles de ruido.</li> <li>* Aprendizaje tecnológico como resultado de la transferencia tecnológica, con lo cual se puede disponer de proyectos instalados, para dar a otros sectores e incrementar su eficiencia energética y reducir emisiones contaminantes.</li> </ul>
<p><b>Prioridades de desarrollo económico del país*</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Mejora de la productividad y competitividad de pequeñas y medianas empresas, como consecuencia de la reducción de costos energéticos, rapidez y uniformidad del calentamiento y mejor calidad de los productos.</li> <li>* Contribución a la estrategia nacional de transformación productiva nacional, desarrollo de sectores de clase mundial y mejorar en la capacidad exportadora, al ser posible el suministro de bienes de calidad y costos competitivos a sectores estratégicos como el automotriz, construcción, petroquímico y minero.</li> </ul>

TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	QUEMADORES AUTO-RECUPERATIVOS
<i>Prioridades de desarrollo ambiental del país*</i>	* Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero como consecuencia del aumento de la eficiencia energética. * Reducción de la contaminación de suelos y aguas, por la disminución de vertimiento de escorias y cenizas. *Reducción de las emisiones de óxidos nitrosos y monóxido de carbono. * Contribución a la estrategia nacional de desarrollo bajo en carbono.
<i>Otras consideraciones y prioridades como el potencial de mercado</i>	Divulgación y apropiación tecnológica que pueden tener efectos demostrativos en otros sectores, para soportar procesos de optimización energética y modernización tecnológica.
<b>Costos</b>	
<i>Costo de tecnología (año 2012)</i>	\$ 18.972.000
<i>Costos de capital en 5 años*</i>	\$ 5.190.189
<i>Costos de operación y mantenimiento en 1 año**</i>	\$ 199.998.441
<i>Costos de operación y mantenimiento en 10 años**</i>	\$ 1.706.027.268
<i>*Costo de capital basado en una tasa de interés de crédito efectivo anual de 9,24% y una inflación anual de 3%, el costo de capital en 5 años es calculado con un impuesto de 33%, y el costo de capital en 10 años es calculados sin impuestos</i>	
<i>**Costo de operación basado en un quemador con potencia de 158 kW, y una capacidad de producción de 6322 ton/año (con un factor de uso 80%)</i>	

## QUEMADORES AUTOREGENERATIVOS

TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	QUEMADORES AUTO-REGENERATIVOS PARA LA FUSIÓN Y CALENTAMIENTO DE METALES
<i>Sector</i>	Industria
<i>División</i>	Manufactura
<i>Sub sector</i>	Metalmecánico: Sector perteneciente a los códigos CIU: D281100: Fabricación de productos metálicos para uso estructural. D289100: Forja, prensado y laminado de metal; pulvimetalurgia. D289200: Tratamiento y revestimiento de metales; trabajos de ingeniería mecánica en general. D289300: Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería.
<i>Nombre de tecnología</i>	Quemadores auto-regenerativos para la fusión de metales no ferrosos y tratamiento térmico de metales ferrosos
<i>Emisiones de GEI del Subsector (kg de CO<sub>2</sub>e)*</i>	La cuantificación de emisiones se realizó con base a la tecnología actual que son quemadores convencionales sin recuperación de calor, cuyas eficiencias son bajas (<35%). Eficiencia: 29.4% Energético: Combustible/Gas Natural <b>kg CO<sub>2</sub>e/Tonelada de producto : 88.9</b>
<i>Escala</i>	Pequeña - Mediana - Grande
<i>Disponibilidad</i>	Está disponible en el mercado internacional, no se conoce producción nacional de esta tecnología, sin embargo existen capacidades de desarrollo tecnológico y prototipos desarrollados a escala de laboratorio hasta 120 kW.
<i>Tecnología a ser incluida en la priorización?*</i>	La tecnología será incluida en la priorización realizada por el panel de evaluación de los actores.
<i>Racionalidad del proyecto ¿Por qué la opción ha sido considerada inapropiada? (por ejemplo si recursos hídricos no están disponibles)</i>	Será definida por el panel de evaluación de los actores a partir de los resultados de la priorización de tecnologías.
<i>Antecedentes/ Notas</i>	Los quemadores con recuperación de calor integrada constituyen el

TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	QUEMADORES AUTO-REGENERATIVOS PARA LA FUSIÓN Y CALENTAMIENTO DE METALES
<p><i>Descripción corta de la opción tecnológica desde el ClimateTechWiki, Seminarios, etc.</i></p>	<p>método más eficiente para recuperar el calor sensible portado por los productos de combustión en hornos industriales operando a altas temperaturas.</p> <p>Los quemadores auto-regenerativos cuentan con un lecho cerámico a través del cual se hacen pasar los productos de combustión antes de enviarlos a la chimenea, con lo que la energía sensible portada por los gases se acumula en el lecho cerámico, luego de un período el sistema se conmuta haciéndose pasar por el lecho aire frío que roba la energía acumulada en el lecho y la devuelve de nuevo al sistema con <b>efectividades de recuperación de calor entre 70 y 85%</b>, permitiendo obtener importante ahorros de combustible dependiendo de la temperatura de operación del proceso.</p> <p>Estos quemadores e aplican como sistemas de combustión en los siguientes tipos de hornos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Horno de crisol auto-regenerativo para la fusión de metales no ferrosos</li> <li>* Horno de reverbero auto-regenerativo para la fusión de metales no ferrosos</li> <li>* Fragua de forjado auto-regenerativa para el calentamiento de metales ferrosos</li> <li>* Quemadores regenerativos de calentamiento directo para TT de metales ferrosos</li> </ul> <p>Adicionalmente se han estado desarrollando recientemente quemadores regenerativos con nuevas características como son la operación en modo diluido en régimen de combustión sin llama, para la mejora de la uniformidad de la temperatura y la transferencia de calor además de la <b>reducción de emisiones de NOx</b>, así como el remplazo de las bolas cerámicas por estructuras tipo honeycomb y espumas cerámicas, que tienen mejores efectividades de recuperación de calor además de hacer los quemadores más compactos y livianos, permitiendo reducir la escala de la tecnología para ser empleado en hornos de baja potencia. Adicionalmente se han desarrollado los quemadores regenerativos “de una llama” que no necesitan la operación por parejas, sino que un solo quemador es capaz de realizar las dos tareas de combustión y recuperación de calor.</p> <p>Para la instalación de este quemador se debe analizar el estado actual del horno (aislamientos, fugas e infiltraciones) para poder aprovechar su ventaja comparativa de tener alta eficiencia energética.</p> <p>Las diferencias fundamentales entre los quemadores auto-recuperativos y auto-regenerativos, es que los últimos tienen mayor efectividad en la recuperación de calor y en consecuencia superior eficiencia energética, como también son los más apropiados para procesos de muy altas temperaturas (mayores de 1000°C)</p>
<p><i>Supuestos de implementación ¿Cómo la tecnología será implementada y difundida en el subsector?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Aprovechar los programas PROURE e incentivos tributarios de COLCIENCIAS para incentivar la transferencia y adaptación de estas tecnologías.</li> <li>* Programas piloto de demostración de la tecnología</li> <li>* Incentivos para la disminución del consumo de energía y la emisión de gases</li> <li>* Proyectos sombrilla de bonos de CO2 para apalancar proyectos de transferencia de tecnología.</li> <li>* Se requiere una evaluación exhaustiva del estado tecnológico de los hornos donde se aplique la tecnología para poder lograr las altas eficiencias.</li> </ul>
<p><i>Reducción de las Emisiones de GEI (kg de CO<sub>2</sub>e)</i></p>	<p>La cuantificación de emisiones se realizó con base a las características de la nueva tecnología</p> <p>Eficiencia: 73%</p> <p>Energético: Combustible/Gas Natural</p> <p>Potencia: 500kW (factor de utilización 80%)</p> <p><b>kg CO<sub>2</sub>e reducidos/Tonelada de producto : 36.3</b></p> <p><b>% Reducción: 59.2</b></p>
<p><b>Impactos: Cómo esta opción impacta las prioridades de desarrollo del país</b></p>	

TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	QUEMADORES AUTO-REGENERATIVOS PARA LA FUSIÓN Y CALENTAMIENTO DE METALES
<b>Prioridades de desarrollo social del país*</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Garantizar la competitividad de las PyMES del sector metalmecánico a través de la reducción de los costos de producción, permitiendo la generación de empleo en las principales ciudades con vocación industrial del país.</li> <li>* Mejora de las condiciones de salud ocupacional en los recintos de trabajo en las Pymes, como consecuencia de la disminución de emisión de material particulado, reducción de contaminación térmica y disminución de niveles de ruido.</li> <li>* Aprendizaje tecnológico como resultado de la transferencia tecnológica, con lo cual se puede disponer de proyectos instalados, para dar a otros sectores e incrementar su eficiencia energética y reducir emisiones contaminantes.</li> </ul>
<b>Prioridades de desarrollo económico del país*</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Mejora de la productividad y competitividad de pequeñas y medianas empresas, como consecuencia de la reducción de costos energéticos, rapidez y uniformidad del calentamiento y mejor calidad de los productos.</li> <li>* Contribución a la estrategia nacional de transformación productiva nacional, desarrollo de sectores de clase mundial y mejorar en la capacidad exportadora, al ser posible el suministro de bienes de calidad y costos competitivos a sectores estratégicos como el automotriz, construcción, petroquímico y minero.</li> </ul>
<b>Prioridades de desarrollo ambiental del país*</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero como consecuencia del aumento de la eficiencia energética.</li> <li>* Reducción de la contaminación de suelos y aguas, por la disminución de vertimiento de escorias y cenizas.</li> <li>* Reducción de las emisiones de óxidos nitrosos y monóxido de carbono.</li> <li>* Contribución a la estrategia nacional de desarrollo bajo en carbono.</li> </ul>
<b>Otras consideraciones y prioridades como el potencial de mercado</b>	Divulgación y apropiación tecnológica que pueden tener efectos demostrativos en otros sectores, para soportar procesos de optimización energética y modernización tecnológica.
<b>Costos</b>	
<b>Costo de tecnología (año 2012)</b>	\$ 84.396.200
<b>Costos de capital en 5 años*</b>	\$ 23.088.353
<b>Costos de operación y mantenimiento en 1 año**</b>	\$ 669.423.957
<b>Costos de operación y mantenimiento en 10 años**</b>	\$ 5.710.322.133
*Costo de capital basado en una tasa de interés de crédito efectivo anual de 9,24% y una inflación anual de 3%, el costo de capital en 5 años es calculado con un impuesto de 33%, y el costo de capital en 10 años es calculados sin impuestos	
**Costo de operación basado en un quemador con potencia de 500 kW, y una capacidad de producción de 14801.6 ton/año (con un factor de uso 50%)	

## A.4.2 Subsector ladrillero

### HORNO MK2

TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	HORNO ECOLÓGICO EXPERIMENTAL MK-2
<b>Sector</b>	Industria
<b>División</b>	Manufactura
<b>Sub sector</b>	Ladrillero Sector perteneciente a los códigos CIU D269300 al D269303
<b>Nombre de tecnología</b>	Horno Ecológico MK-2

TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	HORNO ECOLÓGICO EXPERIMENTAL MK-2
<i>Emisiones de GEI del Subsector (megatoneladas de CO<sub>2</sub>e)</i>	La cuantificación de emisiones del sector ladrillero, se realizaron con base en las estadísticas históricas de Colombia del Departamento Nacional de Planeación. Para el año 2001 se reporta el consumo de carbón mineral en el sector ladrillero Consumo de Carbón: 304000 toneladas carbón térmico. Factor de emisión Carbón en Lenguazaque-Cundinamarca (kg CO <sub>2</sub> / T): 91228 <b>Megatoneladas CO<sub>2</sub>e : 0,981 (2001)</b> <b>Proyección a 2007*: 1,958 Megatoneladas CO<sub>2</sub>e</b>
<i>Escala</i>	Micro Escala
<i>Disponibilidad</i>	Corto Plazo (tecnología desarrollada y probada). Se dispone de distribución nacional.
<i>Tecnología a ser incluida en la priorización?*</i>	La tecnología será incluida en la priorización realizada por el panel de evaluación de los actores.
<i>Racionalidad del proyecto ¿Por qué la opción ha sido considerada inapropiada? (por ejemplo si recursos hídricos no están disponibles)</i>	Será definida por el panel de evaluación de los actores a partir de los resultados de la priorización de tecnologías.
<i>Antecedentes/ Notas Descripción corta de la opción tecnológica desde el ClimateTechWiki, Seminarios, etc.</i>	El horno MK2 se basa en un sistema acoplado de dos hornos conectados en serie provistos de domos con chimeneas laterales, dentro de los hornos se realiza el cocimiento de manera alternada. Mientras en uno se hace la quema de la carga, los humos que se generan son canalizados al segundo horno para el pre-cocido de la segunda carga de ladrillos crudos, etapa en la cual algunos contaminantes son absorbidos o retenidos en el cuerpo de los adobes. Cada uno de los hornos tiene una capacidad promedio de 8 mil ladrillos. Con esta tecnología es posible obtener un ahorro del combustible de hasta un 50% y una reducción del 30% en tiempo de cocción
<i>Supuestos de implementación ¿Cómo la tecnología será implementada y difundida en el subsector?</i>	* Aprovechar los programas PROURE e incentivos tributarios de COLCIENCIAS para incentivar la transferencia y adaptación de estas tecnologías. * Programas piloto de demostración de la tecnología * Incentivos para la disminución del consumo de energía y la emisión de gases * Proyectos sombrilla de bonos de CO <sub>2</sub> para apalancar proyectos de transferencia de tecnología. * Se requiere una evaluación exhaustiva del estado tecnológico de los hornos donde se aplique la tecnología para poder lograr las altas eficiencias.
<i>Reducción de las Emisiones de GEI (en megatoneladas de CO<sub>2</sub>e)</i>	La cuantificación de emisiones se realizó con base a las características de la nueva tecnología. <b>Reducción consumo de combustible: 50%</b> (Comparado con un horno tipo fuego dormido de capacidad 8000 unidades por quema. Combustible: Carbón Mineral
<b>Impactos: Cómo esta opción impacta las prioridades de desarrollo del país</b>	
<i>Prioridades de desarrollo social del país*</i>	* Garantizar la competitividad de las PyMES del sector ladrillero a través de la reducción de los costos de producción, permitiendo la generación de empleo en las regiones rurales, y en las ciudades con producción ladrillera del país.
<i>Prioridades de desarrollo económico del país*</i>	* Aumentar la eficiencia de los equipos de calentamiento del sector ladrillero, contribuyendo a mejorar su competitividad y disminuyendo los costos de producción. * Contribuir a asegurar la seguridad energética del país disminuyendo el consumo de energéticos en el sector ladrillo
<i>Prioridades de desarrollo ambiental del país*</i>	* Disminuir el consumo de combustibles fósiles y las emisiones contaminantes asociadas a la combustión de carbón mineral y madera, como resultado del incremento en la eficiencia energética. * Contribución a la estrategia nacional de desarrollo bajo en carbono.
<i>Otras consideraciones y</i>	Divulgación y apropiación tecnológica que pueden tener efectos

TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	HORNO ECOLÓGICO EXPERIMENTAL MK-2
<i>prioridades como el potencial de mercado</i>	demostrativos en otros sectores, para soportar procesos de optimización energética y modernización tecnológica. Desarrollo tecnológico nacional en tecnologías de combustión y calentamiento de alta eficiencia energética y bajas emisiones de gases de efecto invernadero.
<b>Costos</b>	
<i>Costo de tecnología (año 2012)</i>	\$ 10.000 USD
<i>Costos de capital en 5 años*</i>	\$ 2.736 USD
<i>Costos de capital en 10 años*</i>	\$ 5.083 USD
<i>Costos de operación y mantenimiento en x años**</i>	\$ 80.355 USD
<i>*Tomando el reporte del DANE para el año 2007, la producción de ladrillo comparado a 2001 aumentó el 99.6% por ciento. Suponiendo que la tecnología es la misma y no se ha mejorado la eficiencia global</i>	
<i>*Costo de capital basado en una tasa de interés de crédito efectivo anual de 9,24% y una inflación anual de 3%, el costo de capital en 5 años es calculado con un impuesto de 33%, y el costo de capital en 10 años es calculados sin impuestos</i>	
<i>**Realizando 9 quemas anuales de 12000 unidades por quema.</i>	

## HORNO DE AIRE FORZADO

TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	HORNO CON AIRE FORZADO
<i>Sector</i>	Industria
<i>División</i>	Manufactura
<i>Sub sector</i>	Ladrillero Sector perteneciente a los códigos CIU D269300 al D269303
<i>Nombre de tecnología</i>	<b>Horno Aire Forzado</b>
<i>Emisiones de GEI del Subsector (megatoneladas de CO<sub>2</sub>e)</i>	La cuantificación de emisiones del sector ladrillero, se realizaron con base en las estadísticas históricas de Colombia del Departamento Nacional de Planeación. Para el año 2001 se reporta el consumo de carbón mineral en el sector ladrillero Consumo de Carbón: 304000 toneladas carbón térmico. Factor de emisión Carbón en Lenguazaque-Cundinamarca (kg CO <sub>2</sub> / Tj): 91228 <b>Megatoneladas CO<sub>2</sub>e : 0,981 (2001)</b> <b>Proyección a 2007*: 1,958 Megatoneladas CO<sub>2</sub>e</b>
<i>Escala</i>	Micro Escala
<i>Disponibilidad</i>	Corto Plazo (tecnología desarrollada y probada). Se dispone de distribución nacional.
<i>Tecnología a ser incluida en la priorización?*</i>	La tecnología será incluida en la priorización realizada por el panel de evaluación de los actores.
<i>Racionalidad del proyecto ¿Por qué la opción ha sido considerada inapropiada? (por ejemplo si recursos hídricos no están disponibles)</i>	Será definida por el panel de evaluación de los actores a partir de los resultados de la priorización de tecnologías.
<i>Antecedentes/ Notas Descripción corta de la opción tecnológica desde el ClimateTechWiki, Seminarios, etc.</i>	Consiste en utilizar un ventilador eléctrico para forzar el aire al interior de las cámaras de combustión y mejorar la relación de combustión. Este ventilador puede ser utilizado en hornos tipo árabe, colmena y pampa. En el marco del proyecto EELA (E-infraestructura compartida entre Europa y Latinoamérica), se efectuó una prueba en un horno tipo CAIPIRA o PAMPA con el objetivo de evaluar el efecto de la Inyección del Aire (uso de ventilador) versus la quemada tradicional obteniendo un cuadro comparativo de las eficiencias térmicas, y la eventual economía de energía con el empleo de aire inyectado (con ventilador). En dichas pruebas se reportó que el horno con ventilador obtuvo, por medio del criterio de sinterización completa, un 17% más de productos



TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	HORNO CON AIRE FORZADO
	comparado con la prueba sin ventilador, debido a una combustión más eficiente gracias al suministro de aire presurizado. Además, el uso de los ventiladores ayuda a un ahorro del 29% de energía térmica (leña) y posibilita una mayor producción de productos bien sinterizados.
<b>Supuestos de implementación</b> <i>¿Cómo la tecnología será implementada y difundida en el subsector?</i>	Creación de programas para incentivar la transferencia de tecnología y la adopción de tecnologías eficientes, mediante financiación o subsidio a pequeños productores. Promover la asociación de pequeños productores en entidades para fortalecer estrategias de mercadeo y producción. * Programas piloto de demostración de la tecnología * Incentivos para la disminución del consumo de energía y la emisión de gases * Proyectos sombrilla de bonos de CO2 para apalancar proyectos de transferencia de tecnología * Aprovechar los programas PROURE e incentivos tributarios de COLCIENCIAS para incentivar la transferencia y adaptación de esta tecnologías.
<b>Reducción de las Emisiones de GEI (en megatoneladas de CO<sub>2</sub>e)</b>	La cuantificación de emisiones se realizó con base a las características de la nueva tecnología. <b>Reducción consumo de combustible: 29%</b> (Comparado con un horno tipo fuego dormido de capacidad 57670 kg/quema (37957 unidades por quema). Combustible: Leña (biomasa)
<b>Impactos: Cómo esta opción impacta las prioridades de desarrollo del país</b>	
<b>Prioridades de desarrollo social del país*</b>	* Garantizar la competitividad de las PyMES del sector ladrillero a través de la reducción de los costos de producción, permitiendo la generación de empleo en las regiones rurales, y en las ciudades con producción ladrillera del país.
<b>Prioridades de desarrollo económico del país*</b>	* Aumentar la eficiencia de los equipos de calentamiento del sector ladrillero, contribuyendo a mejorar su competitividad y disminuyendo los costos de producción. * Contribuir a asegurar la seguridad energética del país disminuyendo el consumo de energéticos en el sector ladrillero
<b>Prioridades de desarrollo ambiental del país*</b>	* Disminuir el consumo de combustibles fósiles y las emisiones contaminantes asociadas a la combustión de carbón mineral y madera, como resultado del incremento en la eficiencia energética. * Contribución a la estrategia nacional de desarrollo bajo en carbono.
<b>Otras consideraciones y prioridades como el potencial de mercado</b>	Divulgación apropiación tecnológica que pueden tener efectos demostrativos en otros sectores, para soportar procesos de optimización energética y modernización tecnológica. Desarrollo tecnológico nacional en tecnologías de combustión y calentamiento de alta eficiencia energética y bajas emisiones de gases de efecto invernadero.
<b>Costos</b>	
<b>Costo de tecnología (año 2012)</b>	\$ 14.640 USD
<b>Costos de capital en 5 años*</b>	\$ 2.736 USD
<b>Costos de capital en 10 años*</b>	\$ 5.083 USD
<b>Costos de operación y mantenimiento en x años**</b>	\$ 80.355 USD
<i>*Tomando el reporte del DANE para el año 2007, la producción de ladrillo comparado a 2001 aumentó el 99.6% por ciento. Suponiendo que la tecnología es la misma y no se ha mejorado la eficiencia global</i>	
<i>*Costo de capital basado en una tasa de interés de crédito efectivo anual de 9,24% y una inflación anual de 3%, el costo de capital en 5 años es calculado con un impuesto de 33%, y el costo de capital en 10 años es calculados sin impuestos</i>	
<i>**Cálculos realizados para un ventilador de potencia 3,2 HP, operando 2500 h/año. Costo Electricidad 0,2 USD/kWh. 6 ventiladores por horno. 2 quemas mensuales de 45000 unidades por quema.</i>	

## HORNO VERTICAL

TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	HORNO VERTICAL
<b>Sector</b>	Industria
<b>División</b>	Manufactura
<b>Sub sector</b>	Ladrillero: Sector perteneciente a los códigos CIU D269300 al D269303
<b>Nombre de tecnología</b>	Horno Vertical
<b>Nombre opcional</b>	<b>Vertical Shaft Brick Kiln</b>
<b>Emisiones de GEI del Subsector (megatoneladas de CO<sub>2</sub>e)</b>	La cuantificación de emisiones del sector ladrillero, se realizaron con base en las estadísticas históricas de Colombia del Departamento Nacional de Planeación. Para el año 2001 se reporta el consumo de carbón mineral en el sector ladrillero Consumo de Carbón: 304000 toneladas carbón térmico. Factor de emisión Carbón en Lenguazaque-Cundinamarca (kg CO <sub>2</sub> / Tj): 91228 <b>Megatoneladas CO<sub>2</sub>e : 0,981 (2001)</b> <b>Proyección a 2007*: 1,958 Megatoneladas CO<sub>2</sub>e</b>
<b>Escala</b>	Micro Escala
<b>Disponibilidad</b>	Corto Plazo (tecnología desarrollada y probada). Se dispone de distribución nacional.
<b>Tecnología a ser incluida en la priorización?*</b>	La tecnología será incluida en la priorización realizada por el panel de evaluación de los actores.
<b>Racionalidad del proyecto ¿Por qué la opción ha sido considerada inapropiada? (por ejemplo si recursos hídricos no están disponibles)</b>	Será definida por el panel de evaluación de los actores a partir de los resultados de la priorización de tecnologías.
<b>Antecedentes/ Notas Descripción corta de la opción tecnológica desde el ClimateTechWiki, Seminarios, etc.</b>	EcoSur ha desarrollado una versión modificada del horno vertical continuo que es más fácil de controlar, es más eficiente y en el que se pueden usar diferentes tipos de combustibles, como leña o biomasa de desechos agroindustriales. El horno consiste en una chimenea vertical donde los ladrillos se apilan en paquetes de 300 unidades. Cuando los paquetes descienden, pasan en frente de la cámara de fuego y al llegar a la parte inferior, se descargan. La quema se puede controlar fácilmente por la cantidad de combustible que se añade, y, cuando los ladrillos están listos, la torre se baja y el próximo paquete llega a la cámara de fuego. En la parte inferior se descargan y están listos para la venta. Hay siempre 9 paquetes en el horno y toma entre 14 y 20 horas que pasen de arriba a abajo, dependiendo de la habilidad de los obreros.
<b>Supuestos de implementación ¿Cómo la tecnología será implementada y difundida en el subsector?</b>	Creación de programas para incentivar la transferencia de tecnología y la adopción de tecnologías eficientes, mediante financiación o subsidio a pequeños productores. Promover la asociación de pequeños productores en entidades para fortalecer estrategias de mercadeo y producción. * Programas piloto de demostración de la tecnología * Incentivos para la disminución del consumo de energía y la emisión de gases * Proyectos sombrilla de bonos de CO <sub>2</sub> para apalancar proyectos de transferencia de tecnología * Aprovechar los programas PROURE e incentivos tributarios de COLCIENCIAS para incentivar la transferencia y adaptación de esta tecnologías.
<b>Reducción de las Emisiones de GEI (en megatoneladas de CO<sub>2</sub>e)</b>	La cuantificación de emisiones se realizó con base a las características de la nueva tecnología. <b>Reducción consumo de combustible: 29%</b> (Comparado con un horno tipo fuego dormido de capacidad 50000 unidades por quema. Combustible: Carbón Mineral.
<b>Impactos: Cómo esta opción impacta las prioridades de desarrollo del país</b>	
<b>Prioridades de desarrollo social del país*</b>	* Garantizar la competitividad de las PyMES del sector ladrillero a través de la reducción de los costos de producción, permitiendo la generación de empleo en las regiones rurales, y en las ciudades con producción ladrillera del país.
<b>Prioridades de desarrollo</b>	* Aumentar la eficiencia de los equipos de calentamiento del sector

<b>TÍTULO/ NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA</b>	<b>HORNO VERTICAL</b>
<b>económico del país*</b>	ladrillero, contribuyendo a mejorar su competitividad y disminuyendo los costos de producción. * Contribuir a asegurar la seguridad energética del país disminuyendo el consumo de energéticos en el sector ladrillero
<b>Prioridades de desarrollo ambiental del país*</b>	* Disminuir el consumo de combustibles fósiles y las emisiones contaminantes asociadas a la combustión de carbón mineral y madera, como resultado del incremento en la eficiencia energética. * Contribución a la estrategia nacional de desarrollo bajo en carbono.
<b>Otras consideraciones y prioridades como el potencial de mercado</b>	Divulgación y apropiación tecnológica que pueden tener efectos demostrativos en otros sectores, para soportar procesos de optimización energética y modernización tecnológica. Desarrollo tecnológico nacional en tecnologías de combustión y calentamiento de alta eficiencia energética y bajas emisiones de gases de efecto invernadero.
<b>Costos</b>	
<b>Costo de tecnología (año 2012)</b>	\$ 25.000 USD
<b>Costos de capital en 5 años*</b>	\$ 6.839 USD
<b>Costos de capital en 10 años*</b>	\$ 12.707 USD
<b>Costos de operación y mantenimiento en x años**</b>	\$ 113.025 USD
<i>*Tomando el reporte del DANE para el año 2007, la producción de ladrillo comparado a 2001 aumentó el 99.6% por ciento. Suponiendo que la tecnología es la misma y no se ha mejorado la eficiencia global</i>	
<i>*Costo de capital basado en una tasa de interés de crédito efectivo anual de 9,24% y una inflación anual de 3%, el costo de capital en 5 años es calculado con un impuesto de 33%, y el costo de capital en 10 años es calculados sin impuestos</i>	
<i>**Realizando 2 quemas mensuales de 45000 unidades por quema.</i>	

## ANEXO 5 Resumen diagnósticos en el sector metalmecánico

Las visitas a las empresas metalmecánicas fueron realizadas durante el periodo noviembre del año 2011 a Abril de 2013. Estas empresas están ubicadas en el Valle de Aburrá, Bogotá y Barranquilla.

Las empresas utilizan equipos de combustión y calentamiento para llevar a cabo procesos como: tratamientos térmicos, fusión de metales ferrosos y no ferrosos, galvanizado, secado y curado.

Las escalas de las empresas visitadas son medianas y pequeñas con el fin de conocer el grado tecnológico y los consumos de los equipos de combustión y calentamiento con el fin de evaluar las necesidades tecnológicas de este sector industrial.

El alcance de las visitas es realizar un recorrido técnico para verificar el proceso productivo y el estado actual de los hornos, tomando una serie de fotografías y dar respuesta a las preguntas relacionadas con:

- Número de horno(s)
- Tipo de horno (s)
- Productos.
- Tipo de combustible.
- Consumo de combustible.
- Producción al mes.

Los equipos térmicos de alta temperatura que trabajan con combustibles de origen fósil, tienen como principal fuente de pérdida de energía el calor sensible que sale por la chimenea de los productos de combustión a alta temperatura. Por lo tanto, la principal medida de ahorro energético en estos equipos, sin cambio de tecnología, es la recuperación de esta energía, mediante el uso de intercambiadores de calor para el precalentamiento del aire de combustión o mediante el uso de quemadores recuperativos o regenerativos. Las efectividades de este tipo de intercambiadores son de 0.5 para intercambiadores centralizados, de 0.6-0.7 para intercambiadores recuperativos y 0.8-0.85 para intercambiadores regenerativos.

### Metodología

- Antes de iniciar la inspección de los procesos de la planta, se hace una reunión con representantes de asuntos técnicos y administrativos de la empresa, en la que se presentan los objetivos del diagnóstico, se conocen antecedentes de la empresa y se solicita información sobre capacidad de producción, consumo de los energéticos utilizados, características técnicas de los procesos, especificaciones técnicas de los equipos de combustión y calentamiento.
- Posteriormente se revisan los procesos, siguiendo la secuencia de producción: recepción de materias primas, principales etapas de transformación, control de calidad y almacenamiento de producto. Esto permite levantar un diagrama del proceso, en el cual se identifican y señalan los flujos energéticos que entran en cada proceso, el tipo de energético utilizado, el nivel temperatura del proceso, las características técnicas de los equipos de combustión y calentamiento, el grado obsolescencia o modernidad tecnológica. De ser posible y si no hay restricciones de confidencialidad y secreto industrial, se realizan registros fotográficos con lo cual es posible tener pruebas para el análisis de los equipos.

- En cada proceso y equipos se toman las temperaturas de salida de los gases de combustión, la temperatura a la que permanecen las paredes y la composición de los productos de combustión, con esta información es posible una estimación aproximada de la eficiencia de combustión con que la opera el proceso.
- Después de cada visita el equipo de trabajo realiza una discusión para determinar el grado de obsolescencia tecnológica de procesos y equipos, la eficiencia de combustión de los procesos, establecer las principales fuentes de pérdida de energía, determinar la escala de producción y en una primera aproximación, identificar qué tipos de nuevas tecnologías de combustión y calentamiento podrían ser transferidas y adaptadas a la empresa, teniendo en cuenta su escala económica y compatibilidad tecnológica de los procesos así como también los hábitos técnicos y culturales.

### **Diagnósticos Valle de Aburra**

Las visitas a las empresas metalmecánicas fueron realizadas durante el periodo noviembre del año 2011 a Abril de 2013. Éstas empresas están ubicadas en el Valle de Aburrá, más específicamente en la ciudad de Medellín y los municipios Itagüí, Sabaneta y La Estrella. En la

Tabla 72 se resumen los factores principales analizados en los diagnósticos energéticos:

**Evaluación de Necesidades Tecnológicas - Mitigación**  
**República de Colombia**

**Tabla 72 Resumen diagnósticos energéticos sector metalmecánico Valle de Aburrá**

Nombre	Productos	Tamaño	Estado tecnológico	Combustible	Potencial de ahorro	Tecnología recomendada
<b>Bonem</b>	Embragues para vehículos, Discos y herramientas agrícolas	Mediana	Horno con 6 quemadores de 143 kW cada uno	Gas natural	13%	Quemadores autorecuperativos Quemadores de tubo radiante autorecuperativos. Quemadores de tubo radiante autoregenerativos.
<b>Emma</b>	artículos fundidos de aluminio	Grande	10 hornos con temperaturas de proceso desde 185°C hasta 560°C	Gas natural	Entre 13% a 18%	Quemadores autorecuperativos Quemadores autoregenerativos
<b>Algamar</b>	Estanterías, carros autoservicios y artículos de alambre en general	Mediana	3 hornos con temperaturas entre 160°C hasta 845°C	Gas natural	28% para el horno de mayor temperatura	Quemadores de tubo radiante autorecuperativos. Quemadores de tubo radiante autoregenerativos.
<b>Cometa</b>	Camisas para motor	Pequeña	1 horno de cubilote	Carbón	Entre 45% a 65%	Horno Cokeless Cúpula Horno de inducción
<b>Forjas Bolivar</b>	Cadenas, grilletes y accesorios para hornos de cemento	Mediana	4 hornos	Electricidad, Gas natural	38% en los hornos de gas natural	Quemadores autorecuperativos Quemadores autoregenerativos
<b>Fundalco</b>	piezas fundidas de aluminio	Pequeña	5 hornos tipo reverbero con temperaturas entre 540°C y 750°C	Gas natural, Aceite quemado	23%	Horno reverbero regenerativo Horno de crisol regenerativo Quemadores autorecuperativos de calentamiento directo
<b>Templamos</b>	Tratamientos térmicos de hierros y aceros	Mediana	17 hornos eléctricos, 2 hornos de gas natural con temperaturas de 920°C	Electricidad, Gas natural	28%	Quemadores autorecuperativos de calentamiento directo
<b>Industrias V8</b>	Pintura de cunas de motor y trenes de transmisión	Pequeña	1 Hornos de secado con temperaturas de 200°C	Gas natural	No son procesos intensivos en consumo de energía	-
<b>Polikem</b>	productos químicos para el tratamiento, protección, limpieza y cuidado de vehículos	Pequeña	Resistencias para calentamiento de materia prima a una temperatura de 80°C	Energía eléctrica	No son procesos intensivos en consumo de energía	-

## Diagnósticos Bogotá

Las visitas a las empresas metalmecánicas fueron realizadas en el mes de Diciembre con el apoyo de la Cámara de Comercio de Bogotá y el contacto realizado con un empresario del sector durante la realización del taller de barreras. En la Tabla 73 se resumen los factores principales analizados en los diagnósticos energéticos realizados en la ciudad de Bogotá a tres empresas del sector:

Tabla 73 Resumen diagnósticos energéticos sector metalmecánico Bogotá

Nombre	Productos	Tamaño	Estado tecnológico	Combustible	Potencial de ahorro	Tecnología recomendada
<b>Armalco</b>	Productos de acero destinados al mercado constructor, industrial y agropecuario	Mediana	4 hornos de crisol para el recocido de alambre con temperatura de 650°C	Gas natural	18%	Horno de crisol regenerativo
<b>Tenometales</b>	Piezas fundidas de hierro gris, aluminio y bronce.	Pequeña	1 horno de cubilote con temperaturas de 1410°C. 1 horno de crisol con temperaturas de 700°C	Carbón	45%-65%	Horno de inducción Horno de crisol autoregenerativo
<b>Metalnodul</b>	Piezas fundidas de hierro gris, aluminio y bronce.	Pequeña	1 horno de inducción con temperaturas entre 1470°C a 1620°C. 1 horno de crisol con temperaturas de 700°C	Electricidad, Gas natural	20% en el horno de crisol	Horno de crisol autoregenerativo para la fusión de materiales no ferrosos.

### **Metalnodul: Experiencia de transferencia tecnológica exitosa de un horno de inducción para la fusión de ferrosos.**

El Ingeniero Juan Carlos Salinas, dueño de la empresa; compartió su experiencia de transferencia tecnológica del horno de inducción para la fusión de ferrosos.

La idea tuvo sus inicios en los años 1996 y 1997 para finalmente en el año 2000 estructurar formalmente el proyecto. Como segundo paso la empresa procedió a la búsqueda de entidades financieras (Colciencias, bancoldex y en bancos de primera línea) pero no fue posible obtener un crédito de esa magnitud siendo una empresa tan pequeña. Hasta el año 2007 surgió una primera posibilidad con la línea de crédito ambiental (se maneja para un periodo de 5 años, donde el primer año es un periodo de gracia) ofrecida por Bancolombia y el banco de Bogotá, esta alternativa le dio soporte al proyecto estructurado, ya que en la búsqueda de fuentes de financiamiento se tuvieron grandes



tropiezos, ya que para acceder a un préstamo significativo se debe disponer de recursos que lo respalden. La empresa tuvo que realizar un ahorro de COP 200 millones de pesos.

Después de contactar la entidad financiera y diligenciar la documentación, transcurrieron entre 4 a 5 meses hasta que la gerente regional de Bancolombia realizó la visita, donde se hizo una presentación del proyecto, para luego recibir la aprobación de un crédito por COP 200 millones de pesos. La organización de la empresa fue fundamental en esta etapa, ya que cuando se obtuvo la certificación del crédito, ya se tenía preparada la documentación y esto permitió que de manera inmediata, en el momento de recibir el desembolso se procedió a la importación del equipo.

La importación tardó aproximadamente 3 meses y el montaje de este otros 2 meses más.

### **Beneficios.**

Reducción de contaminación, seguridad ambiental, reducción de esfuerzos, reducción de la exposición a la radiación por la temperatura, diversificación de productos porque en un horno de cubilote solo se puede trabajar un solo tipo de metal, mientras que en el de inducción pueden producirse muchos tipos de metales (ferrosos), producción con óptima calidad. Se obtienen resultados mucho más beneficiosos que con la tecnología anterior.

El representante de la marca proporcionó acompañamiento en todo el proceso enviando a uno de sus técnicos para la puesta en marcha del equipo y suministro de información y conceptos relacionados con la operación del equipo.

La operación del horno de inducción, en comparación con el horno de cubilote, es mucho más sencilla, lo que se refleja en la cantidad de personal para manipular el equipo, y aunque la nueva tecnología es de mayor capacidad la cantidad de operarios se redujo aproximadamente a un tercio de la que se tenía anteriormente. No obstante lo anterior, en el camino se debe ajustar varios factores los cuales surgen en el día a día del equipo y que son sumamente importantes para unas condiciones de operación óptimas.

La capacidad del horno es de 500 kg (capacidad recomendada para el mercado de las empresas de la ciudad de Bogotá) y su costo fue de COP 380 millones de pesos puesto en el puerto del país de origen, aclarando que para su puesta en marcha y obtener los primeros kilos de material fundido, el costo se incrementa aproximadamente a COP 650 millones de pesos.

El análisis económico financiero del horno de inducción en la empresa Metalnodul, determinó que la recuperación de la inversión se tiene en un periodo aproximado de 5 años.

### **Barreras y beneficios del horno de inducción.**

Con la experiencia compartida, el Ingeniero Juan Carlos Salinas participó en el análisis de barreras para la transferencia tecnológica, y desde su conocimiento obtenido durante la ejecución de su proyecto retroalimentó el taller con lo siguiente:

La falta de proveedores nacionales es una barrera sumamente importante, sin embargo se rescata que se tiene buena representación de marcas internacionales reconocidas entre ellas se encuentran Ajax, Inductoterm, 5M las cuales son reconocidas para escala media y pequeña.

- La necesidad de exportar la tecnología incrementa los costos de inversión, por lo que fomentar la fabricación de estos equipos a nivel nacional sería la medida ideal para superar la barrera.
- Los costos de producción disminuyen considerablemente en comparación con la tecnología anterior, esto se justifica con la existencia de muchas variables que generalmente no se tienen en cuenta, y a veces son los valores más pequeños sumados uno con otro son los que finalmente más representan, pero básicamente el problema del horno de inducción es el costo de inversión del equipo, esa es la limitante, pero por costos de operación, incluso teniendo en cuenta el cambio a electricidad, se tienen ahorros significativos.
- La articulación de actores en el sector de la fundición es una gran barrera ya que un sector reactivo a las agrupaciones y gremios. Personalmente, compartió la experiencia que tuvo hace 8 años en la formación de una asociación de fundidores a nivel nacional. La idea de crear la asociación surgió por los inconvenientes que se tienen para afiliarse a Fedemetal, ya que la cuota de sostenimiento era difícil de alcanzar para las pymes. Por esto se buscó crear una asociación de pymes para las pymes, donde los requerimientos estuvieran a los alcances de los empresarios. La asociación contó con la participación de un número considerable de representantes del sector, el cual conforme iba transcurriendo el tiempo, fue disminuyendo hasta dejar la asociación en cabeza del presidente y vicepresidente.

### **Análisis de los resultados obtenidos en los diagnósticos**

Los equipos térmicos de alta temperatura que trabajan con combustibles de origen fósil, tienen como principal fuente de pérdida de energía el calor sensible que sale por la chimenea de los productos de combustión a alta temperatura. Por lo tanto, la principal medida de ahorro energético en estos equipos, sin cambio de tecnología, es la recuperación de esta energía, mediante el uso de intercambiadores de calor para el precalentamiento del aire de combustión o mediante el uso de quemadores recuperativos o regenerativos. Las efectividades de este tipo de intercambiadores son de 0.5 para intercambiadores centralizados, de 0.6-0.7 para intercambiadores recuperativos y 0.8-0.85 para intercambiadores regenerativos.

En general los diagnósticos energéticos realizados en este estudio y otros efectuados por el grupo GASURE, en PYMES del sector metalmeccánico con procesos de combustión y calentamiento a alta temperatura, revelan las siguientes situaciones:

- Son equipos con un grado de baja eficiencia térmica en los equipos de combustión, en general no implementan tecnologías para la recuperación de calor desde los gases de combustión, para el precalentamiento del aire de combustión y/o la carga.
- Los materiales de fabricación de los hornos, no son los usados actualmente en los equipos de nueva generación, esto es, baja conductividad térmica y baja inercia térmica.
- En general son equipos cuyos sistemas de combustión no regulan la relación aire combustible y en muchos casos no se registran las temperaturas de proceso en línea.

- Las condiciones de salud ocupacional son críticas: altas temperaturas en los sitios de trabajo por mal aislamiento y fugas de calor, inmisión de material particulado por los operarios y altos niveles de ruido.
- Inadecuados sistemas de evacuación de humos los cuales generan condiciones extremas de alta temperatura y recirculación de productos de combustión en los recintos.
- La obsolescencia tecnológica combinada con la mala calidad de los combustibles usados genera índices de emisiones contaminantes muy altas tanto gaseosas como de material particulado.

La obsolescencia tecnológica de los equipos y la mala calidad de los combustibles utilizados en algunos casos, tiene fuertes implicaciones en la productividad de los procesos y la calidad de los productos.

## Anexo 6 Resumen diagnósticos en el sector ladrillero

### Región Bogotá

La visita a las ladrilleras se realizó los días 28 y 29 de junio de 2012. Las regiones visitadas fueron la localidad 19 de Bogotá: Ciudad Bolívar, sector mochuelo y el municipio de Cogua Cundinamarca. En estos lugares se encuentran concentradas un buen número de empresas dedicadas a la extracción, procesamiento y fabricación de ladrillos de arcilla para construcción de obras civiles. Las empresas visitadas en el parque minero industrial de Mochuelo, se encuentran asociadas en la asociación nacional de fabricantes de ladrillo y materiales de construcción "ANAFALCO". Que asocia a 32 ladrilleras del sector (ver Tabla 74). La función de la asociación es la de prestar asesoría en reglamentación ambiental, minera y de producción. La asociación ha clasificado las empresas en grande mediana y pequeña empresa:

**Tabla 74 Clasificación y composición de ladrilleras en ANAFALCO.**

Tipo Empresa	Número de Empresas	Número Empleados	Producción mes/empresa
Pequeña	13	5-12	70
Mediana	10	12-18	400
Grande	9	Más de 18	600-1400

El alcance de las visitas: era hacer un recorrido técnico para verificar el proceso productivo y el estado actual de los hornos de cocción, tomando una serie de fotografías y dar respuesta al cuestionario compuesto por las siguientes preguntas.

- Número de horno(s).
- Tipo de horno (s)
- Tipo de ladrillos o productos.
- Capacidad de los hornos por quema y cuánta producción ingresan por quema.
- Número de quemas al mes.
- Producción al mes. Cuántos ladrillos se pierden.
- Tipo de combustible y cuánto se consume por quema. ¿Siempre se consume la misma cantidad?

En el parque minero industrial Mochuelo, el número de empresas visitadas fueron siete ladrilleras sobre un total de 32 que hay en el sector. En las visitas se abarcaron diferentes niveles de producción y de tecnificación. A continuación se enlistan para cada una de las ladrilleras visitadas la tecnología de calentamiento que utilizan, la capacidad de producción y consumo de combustible. En las ladrilleras en Municipio de Cogua-Cundinamarca, se visitaron tres empresas de las cuales se dejó registro de dos empresas y la otra fue solo inspección visual. Las características de las ladrilleras visitadas son de ser grandes productores de ladrillo, con niveles de producción superior a 1500 toneladas mes de ladrillo. Las referencias de ladrillos (geometría) que fabrican son especiales y por encargo. Utilizadas en fabricación de viviendas de interés social. Todas operan en continuo y utilizan hornos de cocción tipo túnel y secadero tipo túnel, Y hornos Hoffman con secaderos tipo cámara. Aunque están en fase de reconversión a secaderos tipo túnel.

### Rendimiento energético global de las ladrilleras visitadas.

Con base a los datos suministrados por personal de cada ladrillera sobre el consumo mensual de combustible y cantidad de producción, es posible estimar en primera instancia el rendimiento energético de cada una de las empresas. Expresando el rendimiento como la cantidad de energía térmica necesaria para producir un kilogramo de producto (MJ/Kg). También se realizó un estimado del costo unitario de combustible (Carbón) por cada kilogramo de producto de acuerdo a los precios publicados de cada combustible. En la Tabla 75 se muestra para cada uno de las empresas visitadas.

Tabla 75 Rendimiento térmico global y costo unitario de combustible de cada ladrillera.

Nombre	Tipo de Empresa	Horno	Combustible	Producción (ton/ mes)	Rendimiento (MJ/kg)	Costo Energía (\$/kg)
Inversiones Colcerama	Grande	Túnel	Carbón	1445	3,075	12,31
Ladrillera San Jorge	Mediana	Colmena	Carbón	198	22,447	89,87
Ladrillera Mochuelo	Grande	Hoffman	Carbón	2400	1,086	4,40
Ladrillera San Marcos	Mediana	Baúl	Carbón	360	12,346	49,43
Ladrillera Sierra	Mediana	Colmena	Carbón	207	21,471	85,96
Ladrillos Sur	Grande	Hoffman	Carbón	3000	1,482	5,93
Ladrillera Ceragres	Grande	Túnel	Carbón	1461	1,825	7,63
Ladrillera Tablegras	Grande	Túnel	Carbón (70%)-GN(30%)	4500	0,893	7,42
Ladrillera Ovindoli	Grande	Hoffman	Carbón	7000	1,482	5,63

\*El precio de carbón: \$111.510 / ton en año 2011. Y el costo del gas natural: 731.42\$/m<sup>3</sup> para la empresa Gas Natural Cundiboyacense S.A. E.S.P.

De la Tabla 75, se corrobora que la tecnología que mejor rendimiento presenta es el horno túnel, seguido del horno Hoffman. Este rendimiento es acorde a lo publicado en estudios anteriores donde hacen una clasificación de la tecnología según el rendimiento energético (ver Tabla 76). La UPME publicó en el estudio: "Determinación de la Eficiencia Energética del Subsector Industrial de Ladrillo, Vidrio y Cerámica" en 2001, el rango Internacional en eficiencia térmica según el tipo de horno.

Tabla 76 Rango internacional de consumo de energía específico [52]

Horno	Rango (MJ/kg)
Túnel	1.4 a 1.6
Hoffman	2.0 a 3.0
Intermitentes	1.8 a 2.0
Periódicos (Colmena, Baúl, Pampa)	3.6 a 4.0

Pero las tecnologías tradicionales con hornos no continuos se encuentran fuera del rango de eficiencia. Lo que evidencia falta de control de la combustión y pérdidas de calor por aislamientos e infiltraciones de aire desde y hacia el horno.

Un aspecto a resaltar es la eficiencia del horno túnel operado en modo *cofiring* (co-combustión) con carbón y gas natural, donde se alcanza un rendimiento superior a un horno túnel convencional con un consumo específico de 893 MJ/ton de producto. Esto trae

como resultado mejoras en la calidad del producto y mejora en el nivel de emisiones de gases contaminantes. Si bien el consumo específico del horno es menor, el costo unitario se mantiene en rangos normales. Esto es debido al costo actual del gas natural en la región, que para el mes de abril de 2012 la empresa distribuidora de gas en la región, reporta un precio de 731.42\$/m<sup>3</sup> en el sector industrial.

De esta manera se reconoce que al realizar co-combustión en el horno túnel es posible mejorar la eficiencia energética del horno túnel, así como reducir los niveles de emisión de contaminantes.

#### **Potencial de Ahorro.**

El potencial de ahorro de las ladrilleras que tienen un horno túnel, es alcanzar el consumo específico de 0,893 MJ/Kg utilizando sistemas de co-combustión entre carbón y gas natural. El ahorro proyectado sería entre un 50% y 70% con base al estado actual de operación de las ladrilleras que tienen horno túnel. Igualmente para las ladrilleras que tienen hornos tipo Hoffman, es posible implementar esta tecnología, con potencial de ahorro desde el 17% hasta el 40%. Para las otras ladrilleras que tienen hornos por lotes, se recomienda que hagan conversión a horno túnel si la proyección de ventas y la expectativa del mercado lo hacen viable.

#### **Maquinaria**

En el municipio de Cogua se encuentra también la empresa MAQUILOB LTDA, una empresa dedicada a la fabricación y distribución de maquinaria para las empresas del sector ladrillero. Entre sus productos esta la construcción de quemadores de carbón pulverizado llamados Carbo-jets, y las máquinas de extrusión. También ofrecen servicio de instalación de sistemas de control y fabricación de hornos tipo túnel y Hoffman.

### **Región Antioquia**

En la región Antioquia se visitaron las empresas; Ladrillera San Cristobal, Planta Itagüí, Artesanías el dorado, Cerámicas Esmaltarte y Cerámicas Renacer. De las anteriores, a la Ladrillera San Cristobal se le hace un análisis más detallado del proceso, ya que gracias a las medidas de control de la combustión, control estricto de las curvas de calentamiento y aprovechamiento del calor residual en el proceso de secado, la ladrillera cuenta con un rendimiento térmico muy superior a los encontrados en las demás ladrilleras.

#### **Visita ladrillera san Cristóbal**

Durante la visita se recorrió cada una de las etapas del proceso de elaboración de ladrillo; pasando por la preparación del material, el moldeo, el secado y la cocción. El proceso de secado (Figura 23) es en recámara, y se utiliza un ventilador que está en continuo desplazamiento a través de cada lote de ladrillos, (ver Figura 23) permitiendo de esta manera que el ladrillo descanse, es decir, que no haya un cambio brusco en su temperatura que produzca fisuras. En el proceso de secado se consume alrededor de 30 toneladas de carbón (cocina)/semana. El poder calorífico reportado por la empresa es 5800 kcal/kg

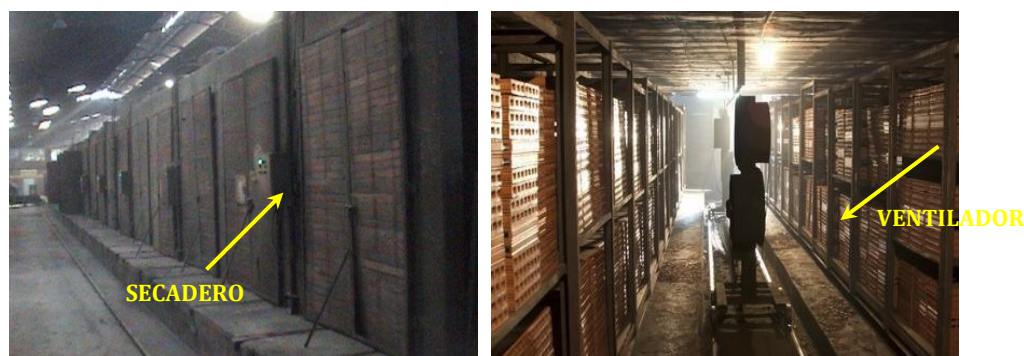


Figura 23. Sistema de secado con ventilador

En la Tabla 77 se muestran las características del combustible utilizado y el consumo del horno túnel que está compuesto por 34 vagones y el tiempo que tarda un vagón en recorrer la totalidad del horno de cocción es 12 horas. Horno Túnel de 93 metros de longitud. Con 4 años de operación, el calor residual del horno es aprovechado en el secadero de cámaras, donde se complementa con la quema de carbón adicional. De acuerdo a las especificaciones del ladrillo, es decir, el tipo de ladrillo que se desee fabricar se lleva a cabo un proceso de calentamiento (una curva de calentamiento) diferente. La producción semanal de la planta es de aproximadamente 1300 ton/semana.

En la Tabla 77 se muestra el resumen de las características de las ladrilleras visitadas en Antioquia

Tabla 77 Resumen diagnósticos energéticos sector Ladrillero en Antioquia

Nombre	Producto	Tipo de Empresa	Horno	Combustible	Producción (ton/ mes)	Rendimiento (MJ/kg)
Ladrillera San Cristobal	Ladrillo #4	Grande	Túnel	Carbón	5200	0.377
Cerámicas Renacer	Cerámica Utilitaria	Pequeña	Horno 1 cámara	Gas Natural	5.6	0.973
Artesanías el dorado	Cerámica Utilitaria	Pequeña	Pampa	Carbón	16800* unidades /mes	No registra
Cerámicas Esmaltarte	Cerámica Utilitaria	Pequeña	Horno 1 cámara	Gas propano	5600* unidades /mes	No registra

\*No contabilizan el producto por peso, sino por unidades. Y no fue posible estimar el rendimiento.

Como resultado de las vistas, se pueden hacer las siguientes aseveraciones:

- Para un correcto funcionamiento en el horno, es importante tener caracterizado el material mineral que entra a él y controlar la proporción o cantidad de cada uno de los materiales que componen la mezcla (control y caracterización de la receta).
- No existen hornos de fuego dormido en la región. Están prohibidos por la autoridad ambiental.

- La tendencia de las empresas productoras de ladrillos es convertir los hornos de cocción a hornos tipo túnel y operar en continuo. Pero hay desconocimiento en el manejo de esta tecnología; específicamente en la relación que hay entre la composición de la mezcla y los perfiles de temperatura con que debe operar el horno. Teniendo como consecuencia altos porcentajes de pérdidas y variaciones en la calidad del producto.
- La visión que tienen los empresarios es la de aumentar producción y de estar dispuestos en invertir en tecnología de calentamiento y control de emisiones de material particulado.
- Se sugiere incluir en el informe TNA, como nueva tecnología un procedimiento o metodología para la caracterización de la materia prima y la fijación de una receta (según características de la mina) para la elaboración de ladrillos.