

## Recomendación estratégica sobre tecnologías y subsectores como orientación para sustentar acciones de eficiencia energética en el sector PyME.

La Dirección General de Políticas para el Cambio Climático de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) agradece a la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (Cooperación Alemana al Desarrollo) por la colaboración y asistencia técnica en la elaboración del presente documento. La colaboración de la GIZ se realizó en el marco del “Programa de Energía Sustentable en México”, el cual se implementa por encargo del Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ). Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad del/de los autor/es y no necesariamente representan la opinión de la SEMARNAT, GIZ y/o BMZ. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente de referencia.

“Recomendación estratégica sobre tecnologías y subsectores, como orientación para sustentar acciones de eficiencia energética en el sector PyME”.  
México, D.F., Marzo de 2012.

Edición y Supervisión: Ana Delia Córdova Pérez, Ernesto Feilbogen, GIZ.

Autor(es): Ingeniería Energética Integral (Ing. Alfredo Aguilar Galván, Ing. Gabriela García Vidal, Lic. Gabriela Moreno Aduna, Ing. Alejandro Adame González, Ing. Roger García Neri)  
Diseño: GIZ México

© Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)  
Blvd. Adolfo Ruiz Cortines No. 4209  
Col Jardines en la Montaña,  
Tlalpan, México D.F.  
C.P. 14210  
T + 52 54 50 09 00

© Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn/Alemania  
[www.giz.de](http://www.giz.de)

Oficina de Representación de la GIZ en México  
Torre Hemicor, PH  
Av. Insurgentes Sur N.º 826  
Col. Del Valle, Del. Benito Juárez  
C.P. 03100, México, D.F.  
T +52 55 55 36 23 44  
F +52 55 55 36 23 44

## Tabla de contenido

<b>Resumen ejecutivo</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Caracterización del sector PyME</b> .....	<b>8</b>
2.1 Importancia de las PyME en México y el mundo .....	8
2.2 Las PyME en México.....	9
2.3 Las PyME conforme a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) .....	11
2.3.1 Usuarios de energía eléctrica .....	11
2.3.2 Consumo de energía eléctrica.....	12
2.3.3 Consumo de energía eléctrica del sector PyME .....	14
2.4 Determinación de la distribución del consumo eléctrico por uso final en las PyME .....	16
<b>3 Potencial de ahorro de energía eléctrica</b> .....	<b>22</b>
3.1 Potencial de ahorro de energía eléctrica en empresas medianas.....	23
3.2 Potenciales de ahorro de energía eléctrica en el sector comercios .....	24
3.3 Potenciales de ahorro eléctrico en el sector agrícola.....	25
3.4 Procedimiento para determinar el potencial de ahorro de energía eléctrica nacional ..	25
<b>4 Evaluación económica del potencial de ahorro por energía eléctrica</b> .....	<b>29</b>
4.1 Casos de ahorro de energía en la empresa mediana .....	29
<b>5 Potenciales de ahorro de energía térmica</b> .....	<b>33</b>
5.1 Consumo de energía térmica en las PyME .....	33
5.2 Aplicaciones de la energía térmica en las PyME .....	36
5.3 Estimación del potencial de ahorro para el conjunto nacional de empresas PyME.....	38
5.4 Cálculo de la Reducción de Gases Efecto Invernadero (GEI) .....	39
5.5 Evaluación económica del potencial de ahorro por energía térmica .....	40
<b>6 Potenciales de ahorro de energía eléctrica y térmica</b> .....	<b>44</b>
6.1 Potencial de reducción de emisiones GEI .....	44
<b>7 Subsectores PyME relevantes</b> .....	<b>45</b>
7.1 Criterios de evaluación.....	46
7.1.1 Evaluación subsectores relevantes - energía eléctrica .....	47
7.1.2 Evaluación subsectores relevantes: energía térmica .....	49
7.1.3 Evaluación del entorno energético.....	52
7.1.4 Subsectores PyME relevantes de acuerdo a la integración de criterios.....	54
<b>8 Experiencias de mitigación y eficiencia energética en PyME</b> .....	<b>57</b>
8.1 Barreras para la implementación de eficiencia energética en PyME .....	57

---

8.2	Experiencia internacional sobre eficiencia energética en PyME .....	59
8.2.1	Programa “ENGINE” de eficiencia energética en pequeñas y medianas empresas de la Unión Europea.....	59
8.2.2	Centro de Eficiencia Energética de Gas Natural Fenosa .....	60
8.2.3	Programa ENERGY STAR® para identificar ahorros de energía en plantas del sector manufacturero .....	61
8.2.4	Estudio sobre mitigación de gases de efecto invernadero en pequeñas y medianas empresas de Asia.....	62
8.2.5	Programas de eficiencia energética empresarial del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica .....	62
8.2.6	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía .....	63
<b>9</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>65</b>
9.1	Recomendaciones.....	66
9.1.1	Proyectos demostrativos en la mediana empresa.....	66
9.1.2	Utilizar a la banca comercial para financiamiento de proyectos de ahorro de energía .....	66
9.1.3	Importancia de la ingeniería para la eficiencia energética y desarrollo empresarial.....	66
9.1.4	Impulso a las normas de eficiencia energética.....	67
9.1.5	Promoción y divulgación de la eficiencia energética .....	67
9.1.6	Fortalecimiento de empresas de consultoría.....	67
9.1.7	Impulso a la utilización de fuentes alternativas de energía .....	68
9.1.8	Impulso a la cogeneración .....	68
9.1.9	Proyecto de mejora de índices energéticos por producción .....	69
9.1.10	Proyectos especiales para sustituir tecnologías ineficientes o incorporación de aditamentos para el ahorro de energía .....	69
	<b>ANEXO 1: Proyectos de Ingeniería Energética Integral SA de CV .....</b>	<b>70</b>
	<b>ANEXO 2: Catálogo de medidas de ahorro de energía eléctrica.....</b>	<b>71</b>
	<b>ANEXO 3: Evaluación económica de ahorros de energía eléctrica .....</b>	<b>75</b>
	<b>ANEXO 4: Catálogo de medidas de ahorro de energía térmica.....</b>	<b>81</b>
	<b>ANEXO 5: Medidas para ahorro de energía térmica.....</b>	<b>84</b>
	<b>ANEXO 6: Conceptos de uso eficiente de energía térmica .....</b>	<b>89</b>
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>91</b>

## **Lista de Tablas**

Tabla 1 Participación de las PyME en México, Estados Unidos y la Unión Europea .....	9
Tabla 2. Clasificación de las PyME según la Secretaría de Economía .....	9
Tabla 3. Número de PyME de acuerdo a la Secretaría de Economía, 2011 .....	10
Tabla 4. Censo de unidades económicas MIPYMES en 2009* .....	10
Tabla 5. Clientes de CFE por tarifa eléctrica .....	11
Tabla 6. Clientes de CFE según tipo de servicio .....	12
Tabla 7. Ventas de energía de CFE en MWh/año, según tarifa eléctrica .....	12
Tabla 8. Agrupamiento de ventas de energía de CFE según tipo de usuarios.....	13
Tabla 9. Empresas PyME de acuerdo con la tarifa contratada .....	14
Tabla 10. Agrupamiento de ventas de energía de CFE según servicio final .....	15
Tabla 11. Ventas de energía en las PyME.....	15
Tabla 12. Correlación usuarios-consumo de energía eléctrica del sector PyME, 2009.....	16
Tabla 13. Distribución usos finales de energía eléctrica en industrias PyME .....	18
Tabla 14. Distribución usos finales de energía eléctrica en comercios PyME .....	19
Tabla 15. Distribución usos finales de energía eléctrica en oficinas PyME .....	20
Tabla 16. Porcentaje de empresas que han aplicado acciones de ahorro de energía .....	22
Tabla 17. Potencial de Ahorro de Energía en las Empresas Medianas .....	23
Tabla 18. Potencial de ahorro de energía en el sector comercios .....	24
Tabla 19. Potencial de ahorro de energía en el sector agrícola .....	25
Tabla 20. Consumo de energía eléctrica de las PyME en el año 2009.....	25
Tabla 21. Estimación del potencial de ahorro en el sector comercial.....	26
Tabla 22. Estimación del Potencial de Ahorro en el Sector Empresa Mediana .....	26
Tabla 23. Estimación del potencial de ahorro en el sector agrícola .....	27
Tabla 24. Factores de emisión del Programa GEI México .....	27
Tabla 25. Potencial de ahorro de energía eléctrica y reducción de GEIS en las PyME .....	28
Tabla 26. Precios unitarios de electricidad aplicados a las PyME.....	29
Tabla 27. Análisis económico del ahorro de energía en una empresa mediana con tarifa HM ..	30
Tabla 28. Ahorros totales anuales de la empresa mediana .....	30
Tabla 29. Análisis de ahorro de energía en una empresa mediana con tarifa 3.....	31
Tabla 30. Ahorros totales anuales de una empresa mediana con tarifa 3.....	31
Tabla 31. Medidas de ahorro de energía en un hotel .....	32
Tabla 32. Consumo de energía térmica por ramas industriales 2009 .....	33
Tabla 33. Consumo de energía térmica en las PyME en el año 2009.....	34

Tabla 34. Tipos de energía térmica en PJ usada por el sector PyME en 2009 .....	35
Tabla 35. Inventario de aplicaciones térmicas en proyectos de ahorro de energía .....	37
Tabla 36. Potenciales de ahorro de energía en procesos usados por las PyME.....	38
Tabla 37. Potencial nacional de ahorro de energía térmica en PJ en PyME, 2009 .....	39
Tabla 38. Reducción de consumo por tipo de combustible .....	39
Tabla 39. Potencial nacional de reducción de GEI por ahorro de energía térmica, 2009 .....	40
Tabla 40. Precio unitario de los combustibles en el mes de julio 2011.....	41
Tabla 41. Cálculo del potencial de ahorro económico [millones de pesos, MdP), 2009 .....	42
Tabla 42. Impacto económico por ahorro de energía térmica .....	42
Tabla 43. Inversión requerida para recuperar ahorros del 10% .....	43
Tabla 44. Potencial nacional de ahorro de energía en el sector PyME .....	44
Tabla 45. Potencial nacional de reducción de GEI, 2009.....	44
Tabla 46. Ramas empresariales de la CANACINTRA.....	45
Tabla 47. Evaluación de criterios por rama empresarial de energía eléctrica .....	47
Tabla 48. Evaluación de criterios por rama empresarial de energía térmica .....	50
Tabla 49. Evaluación de criterios referentes al entorno energético .....	53
Tabla 50. Evaluación integrada de criterios .....	56
Tabla 51. Potenciales de ahorro por proyectos desarrollados en el FIDE .....	63

## **Lista de Figuras**

Figura 1. Distribución del consumo eléctrico nacional según tipo de usuarios .....	13
Figura 2. Distribución del Consumo Eléctrico en las PyME .....	15
Figura 3. Distribución del territorio nacional en las encuestas de ahorro de energía .....	17
Figura 4. Distribución típica del consumo eléctrico en una empresa mediana .....	18
Figura 5. Distribución del consumo eléctrico sector comercios .....	20
Figura 6. Distribución del consumo eléctrico en una empresa del sector servicios .....	21
Figura 7. Distribución del consumo térmico por subsector PyME, 2009 .....	34
Figura 8. Fracción del consumo térmico de las PyME, 2009 .....	35
Figura 9. Frecuencia de aplicaciones relacionadas de energía térmica en PyME.....	36
Figura 10. Evaluación de criterios eléctricos.....	49
Figura 11. Evaluación de criterios para energía térmica .....	51
Figura 12. Evaluación del entorno energético.....	53
Figura 13. Integración de criterios para la evaluación de las ramas.....	55
Figura 14. Ramas PyME de acuerdo a los criterios de relevancia .....	55

## **Listado de Abreviaturas, Siglas y Acrónimos**

PJ	Peta Joules
MWh	Mega Watt hora
Tarifa OH	Tarifa eléctrica ordinaria
Tarifa HM	Tarifa eléctrica horaria en media tensión
TR	Toneladas de refrigeración
EER	Relación de eficiencia energética
MJ/bl	Mega Joule por barril
GJ	Giga Joule
MdP/PJ	Millones de pesos por Peta Joule
kW/TR	Kilo Watt por Tonelada de Refrigeración
PECC	Programa Especial de Cambio Climático
CONAE	Comisión Nacional de Ahorro de Energía
SE	Secretaría de Economía
CFE	Comisión Federal de Electricidad
ATPAE	Asociación de Técnicos y Profesionistas en Aplicación Energética
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
SENER	Secretaría de Energía
Canacindra	Cámara Nacional de la Industria de la Transformación
GEI	Gases Efecto Invernadero
PIB	Producto Interno Bruto
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONUEE	Comisión Nacional de Uso Eficiente de la Energía
UAM	Universidad Autónoma Metropolitana
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
PJ	Peta Joules

## Resumen ejecutivo

### Antecedentes

En México, las pequeñas y medianas empresas (PyME) constituyen el 99.8% del total de empresas, generan 52% del Producto Interno Bruto (PIB) y contribuyen con el 72% de los empleos formales.<sup>1</sup>

Para estimar consumos de energía eléctrica, en este trabajo se consideraron pequeñas y medianas empresas a aquellos usuarios que contrataron el suministro de energía eléctrica, bajo las tarifas comerciales, agrícolas e industriales (tarifas 2, 3, 9, OM y HM). El número de empresas consideradas bajo esta definición asciende a 3.9 millones.

Por otro lado, a fines de estimar el consumo de combustibles asociado a las diversas aplicaciones térmicas del sector, se consideró como consumo del sector PyME al reportado como "Otras ramas industriales" y el consumo del "sector comercial" del Balance Nacional de Energía de la Secretaría de Energía.

En México, la caracterización energética de diversos sub sectores de empresas PyME, se ha logrado a través de reunir información de campo desagregada en las principales áreas de oportunidad dentro de cada subsector. Esta información ha sido documentada mediante la formulación de casos exitosos desarrollados por la consultoría local a lo largo de diferentes programas impulsados por el Gobierno Federal, los cuales buscaron tanto impulsar acciones que permitan incrementar su competitividad como su desempeño ambiental.

### Objetivo

Elaborar una recomendación técnica sobre tecnologías y subsectores PyME a ser priorizados en la planificación de acciones contenidas en un programa de eficiencia energética en el sector, a partir de una evaluación realizada sobre criterios de selección preestablecidos.

El presente documento pretende identificar las tecnologías específicas que coadyuven al uso eficiente de la energía, así como identificar subsectores de mayor prioridad y aportar elementos de juicio para la selección de líneas estratégicas de trabajo.

### Resultados

Los indicadores básicos de consumos energéticos asociados a las PyME, obtenidos a través de la metodología empleada en el presente trabajo, permiten reportar que:

- el consumo de energía del sector, representa el 17%<sup>2</sup> del consumo energético total nacional

---

<sup>1</sup> Secretaría de Economía, *Contacto pyme*.

<sup>2</sup> Respecto a lo reportado en el Balance Nacional de Energía 2009 de la SENER y el Informe Anual 2009 de la CFE.

- el consumo de energía térmica del sector, representa el 11%<sup>3</sup> del consumo de energía térmica total nacional,
- el consumo de energía eléctrica del sector, representan el 47% del consumo de energía eléctrica total nacional.
- Los equipos de mayor consumo de energía térmica dentro de las PyME son las calderas y generadores de vapor, secadores, calentadores de agua, hornos de proceso y equipos de cocción. Dentro de este rubro se considera posible aplicar diversas medidas de ahorro de energía que podrían reducir entre un 10% a un 15% dichos consumos.
- El potencial de ahorro energético por aplicación de medidas de eficiencia energética-térmica es de al menos 44.62 PJ anuales, y representa al menos 1.1% del consumo anual nacional térmico.
- Los equipos de mayor consumo de energía eléctrica son los motores eléctricos de proceso, sistemas de aire comprimido, sistemas de iluminación, sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Si se aplican medidas de eficiencia energética en estos sistemas se estima factible lograr ahorros de energía eléctrica en las PyME de entre un 10% a un 20%.
- El potencial de ahorro de energía eléctrica en las PyME se estima en 13.5 Terawatts hora al año (TWh/año), que equivalen a 48.65 Petajoules y representan 6.9% del consumo nacional eléctrico.
- El potencial de reducción de GEI derivado de acciones de eficiencia energética en las PyME es de 9.7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, que se desagregan en 6.8 millones por ahorros de energía eléctrica y 2.8 millones por ahorro de energía térmica.

## **Conclusiones y recomendaciones**

- Las ramas empresariales PyME donde sería más fructífero canalizar esfuerzos particulares para multiplicar el desarrollo de proyectos de eficiencia energética son, en orden de mayor a menor relevancia:
  - todas las que se dedican a producir, procesar, preparar y trabajar con alimentos y bebidas;
  - la rama química;
  - el ramo textil;
  - las industrias diversas del vidrio, plástico, dentales;
  - la rama dedicada al sector turismo integrada por hoteles y restaurantes

En todas estas ramas empresariales pueden emprenderse proyectos de ahorro de energía térmica y eléctrica.

- Promoción y divulgación de la eficiencia energética: Se propone llevar a las PyME información oportuna y herramientas suficientes tanto para una buena toma de decisiones como para que adquieran tecnología de vanguardia. Para lograr esto se debe alentar el

---

<sup>3</sup> Respecto al Balance Nacional de Energía de la SENER 2009.

consumo de tecnologías eficientes en el sector comercial y la pequeña empresa mediante el uso de manuales de capacitación, boletines de información, hojas de casos de éxito, jornadas de conferencias y cursos cortos de capacitación, en los cuales los participantes adquirirán conceptos básicos de ahorro de energía.

## **1 Introducción**

Dentro de los compromisos mundiales para contrarrestar el cambio climático se encuentra fomentar la eficiencia energética en todas sus posibilidades y alentar la ejecución de políticas públicas y medidas que reduzcan las emisiones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI). En este afán, la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) solicitó a Ingeniería Energética Integral S.A. de C.V., empresa de consultoría en energía, la realización de un análisis sobre la situación energética del conjunto heterogéneo de empresas pequeñas y medianas de México.

Los esfuerzos para alentar la eficiencia energética en México datan desde la crisis petrolera mundial de los años ochenta y, de manera posterior, tras la creación de los siguientes organismos:

- En 1985, el Programa Nacional de Uso Racional de la Energía Eléctrica de la CFE (Pronuree).
- En 1989, la Comisión Nacional en Ahorro de Energía (CONAE) y el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE).

No obstante, hay aún poca información disponible sobre la importancia y trascendencia de las PyME en el área de eficiencia energética. Sin embargo, durante algún tiempo el FIDE mantuvo dentro de sus programas, una atención particular en la industria, sin hacer distinción entre grandes y medianas, y etiquetándolas a todas como sector industrial. Por otra parte, consideraba como PyME a las empresas comerciales y de servicios, y las apoyaba para adquirir equipos nuevos de características de alta eficiencia energética.

En este estudio se logra ubicar la importancia de las PyME en el contexto energético global de México, en el consumo tanto de energía eléctrica como de energéticos térmicos que casi en su totalidad se derivan del petróleo. La información está desagregada de la manera siguiente:

- utilización de la energía eléctrica,
- utilización de la energía térmica,
- principales usos finales,
- presentación de algunas medidas para el uso eficiente y racional de la energía,
- estimación de potenciales globales de ahorro de energía y cálculo de la reducción de gases de efecto invernadero.

Asimismo, se hace una revisión de las principales ramas empresariales que conforman a las PyME, y se propone un conjunto de criterios con los que puede elegirse a las ramas más atractivas para canalizar recursos en forma prioritaria y detonar proyectos demostrativos de eficiencia energética que alienten al resto de las PyME a emprender acciones de eficiencia energética.

## **Metodología empleada**

Para la caracterización del sector PyME se siguió la metodología que se describe a continuación:

Consulta de información con la Secretaría de Economía (SE), de donde se obtuvo el número de empresas PyME y su clasificación;

Análisis de la información, que se dividió en dos partes: energía eléctrica y energía térmica:

### a) Energía eléctrica

- Para este rubro se consultó a la CFE en lo referente a la comercialización de la energía eléctrica (número de usuarios y venta de energía en kilowatts hora (kWh)), a fin de cuantificar el número de PyME y su consumo de energía eléctrica.
- Se consultó el último informe anual de la CFE (año 2009) para conocer sus ventas de energía de acuerdo a las tarifas eléctricas y clientes diversos.
- En función de esta información, se hizo una clasificación de usuarios de CFE, a saber:
  - sector doméstico,
  - sector industrial (dividido por la propia CFE en gran industria y empresa mediana),
  - sector comercial,
  - sector de servicios municipales,
  - sector agrícola.
- De acuerdo a los consumos de energía, se agrupó al sector PyME como empresa mediana, comercial y agrícola. Asimismo, para estimar los consumos de energía se sumaron los consumos de cada uno de estos sectores.
- De la consulta de la base de datos de Ingeniería Energética Integral (IEI) se obtuvo la distribución del consumo de energía eléctrica en las PyME, y se subdividieron como:
  - empresas medianas,
  - de comercios,
  - instalaciones agrícolas.
- De la misma base de datos se obtuvieron los sistemas de consumo o usos finales de energía eléctrica y las medidas de ahorro de energía que pueden aplicarse:
  - motores del proceso productivo,
  - sistema de aire comprimido,
  - sistema de refrigeración,
  - sistema de aire acondicionado,
  - sistema de bombeo,
  - sistema de iluminación,
  - sistema de cómputo y equipos de oficina.

- A partir de la experiencia de IEI, empresa de consultoría que ha ejecutado más de 300 proyectos de ahorro de energía, se estimaron los potenciales de ahorro de energía eléctrica que pueden existir en cada sistema consumidor. Este ahorro se extrapoló al consumo nacional y se calculó el potencial de ahorro que existe en el sector PyME de México.
- Para calcular el potencial de reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), se utilizó el factor de emisión de GEI relacionado a la generación de electricidad. Para el caso de México, éste ha sido estimado por el Programa GEI México, con base en la metodología desarrollada por la Asociación de Técnicos y Profesionistas en Aplicación Energética (ATPAE) y aprobada por la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio. Se considera que en el año 2009 el factor de emisión promedio de todas las centrales eléctricas en operación fue 0.5057 ton CO<sub>2</sub>eq/MWh.

#### b) Energía térmica

- Como fuente de información para el consumo de energía térmica se utilizó el Balance Nacional de Energía del año 2009 publicado por la SENER (última publicación disponible).
- En el Balance Nacional de Energía se presenta:
  - consumo de energía nacional global,
  - consumidores agrupados por rama industrial,
  - consumo de energía en los sectores residencial, comercial y público.
- Para fines del presente estudio se discriminó el consumo de las grandes industrias y se designó como consumo de las PyME el correspondiente a “Otras ramas industriales y el consumo del sector comercial”.
- A partir de la base de datos de los proyectos realizados en PyME por IEI, se hizo la revisión tanto de los procesos productivos como de las operaciones térmicas con las que cuenta cada empresa, se agruparon todos los proyectos en una tabla y se contabilizaron operaciones semejantes como:
  - generadores de vapor o calderas de vapor,
  - secadores,
  - cocción,
  - generación de agua caliente,
  - calentamiento de otros fluidos,
  - quemadores a fuego directo,
  - hornos térmicos,
  - producción de energía eléctrica.
- Finalmente, se cuantificaron las aplicaciones por tipo y se obtuvo la frecuencia relativa de cada aplicación.

- Para calcular el potencial de reducción de emisiones se utilizó el factor de emisión de gases con efecto invernadero relacionado a la generación de electricidad; en el caso de México es el mismo utilizado por el Programa GEI México: Combustión estacionaria: Calculation Tool for Direct Emissions from Stationary Combustion, Calculation worksheets. July 2005. Version 3.0

## 2 Caracterización del sector PyME

### 2.1 Importancia de las PyME en México y el mundo

Las micro, pequeñas y medianas empresas son un elemento fundamental para el desarrollo económico de los países, tanto por su contribución al empleo, como por su aportación al Producto Interno Bruto y la competitividad de las economías.

Esta importancia está dada no sólo por su aporte agregado a la economía de un país, sino por el hecho de existen razones para su existencia como el motor de las economías. Las principales razones de su existencia son<sup>4</sup>:

- Pueden realizar productos individualizados en contraposición con las grandes empresas que se enfocan más a productos más estandarizados.
- Sirven de tejido auxiliar a las grandes empresas. La mayor parte de las grandes empresas se valen de empresas subcontratadas menores para realizar servicios u operaciones que de estar incluidas en el tejido de la gran corporación redundaría en un aumento de coste.
- Existen actividades productivas donde es más apropiado trabajar con empresas pequeñas.

En términos de su composición y aportación económica, las pequeñas y medianas empresas, como se indica al inicio del presente apartado, participan significativamente en las economías nacionales, la creación de empleos y los medios de subsistencia de la mayor parte de las poblaciones de clase media y urbana. Así por ejemplo en la Unión Europea, las pequeñas y medianas empresas representan el 99% del total de empresas, generan 2 de cada tres empleos y aportan poco más del 50 por ciento del valor agregado generado por el sector productivo en Europa<sup>5</sup>.

En los Estados Unidos, esta proporción es similar, en tanto que estas empresas representan el 99.7% de las empresas registradas, generan entre el 60 y el 80% de los nuevos empleos (dependiendo de la actividad económica) y aportan alrededor del 50% del Producto Interno Bruto<sup>6</sup>. En México, las PyME constituyen más del 99% del total de las unidades económicas del país, representando alrededor del 52% del Producto Interno Bruto y contribuyendo a generar más del 70% de los empleos formales<sup>7</sup>. La Tabla 1 muestra la participación e importancia de las PyME en México, Estados Unidos y la Unión Europea.

---

<sup>4</sup> OECD, *SMEs in Mexico: Issues and Policies*. 2007, OECD: Paris

<sup>5</sup> Commission, E. *Small and medium-sized enterprises (SMEs) - Fact and figures about the EU's Small and Medium Enterprise (SME)*. 2011 [citado 2011 Marzo]; Available from: [http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/facts-figures-analysis/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/facts-figures-analysis/index_en.htm).

<sup>6</sup> Charles Ou, P.D., *Banking and SME Financing in the United States*, O.o.E. Research, Editor. 2006, U.S. Small Business Administration. p. 39.

<sup>7</sup> Economía, S.d. *Contacto PyME - Información*. 2009 [citado 2011 Marzo 2]; Available from: [http://www.economia.gob.mx/swb/es/economia/p\\_cpyme\\_informacion](http://www.economia.gob.mx/swb/es/economia/p_cpyme_informacion).

**Tabla 1 Participación de las PyME en México, Estados Unidos y la Unión Europea**

	México	Estados Unidos	Unión Europea
% del total de empresas	99	99.7	99
% de creación de nuevos empleos	70%	60 al 80%	75%
% de aporte a la economía nacional (PIB)	52%	50%	Más del 50%

Fuentes: OCDE, 2007

## 2.2 Las PyME en México

La clasificación de empresas, publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) del 30 de junio de 2009, establece que el tamaño de una empresa se determina a partir de ponderar el número de empleados con las ventas anuales. Para esto se multiplica el número de trabajadores por 10% y a este producto se le suma otro producto que se obtiene de multiplicar el monto de las ventas anuales por 90%. Esta cifra debe ser igual o menor al Tope Máximo Combinado (TMC) de cada categoría, que en el caso de las microempresas es de 4.6, y de hasta 250 en el caso de las medianas (véase Tabla 2).

El Tope Máximo es un criterio de clasificación que la Secretaría de Economía define como:

$$\text{*Tope Máximo Combinado} = (\text{trabajadores}) \times 10\% + (\text{ventas anuales}) \times 90\%$$

**Tabla 2. Clasificación de las PyME según la Secretaría de Economía**

Estratificación				
Tamaño	Sector	Rango de número de trabajadores	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado*
<b>Micro</b>	Todas	Hasta 10	Hasta \$4.00	4.6
<b>Pequeña</b>	Comercio	Desde 11 hasta 30	Desde \$4.01 hasta \$100	93
	Industria y Servicios	Desde 11 hasta 50	Desde \$4.01 hasta \$100	95
<b>Mediana</b>	Comercio	Desde 31 hasta 100	Desde \$100.01 hasta \$250	235
	Servicios	Desde 51 hasta 100	Desde \$100.01 hasta \$250	235
	Industria	Desde 51 hasta 250	Desde \$100.01 hasta \$250	250

Fuente: Diario Oficial de la Federación del 30 de junio de 2009.

De acuerdo a la Secretaría de Economía, en México existen más de 5.144 millones de PyME, la mayoría de las cuales son empresas de servicios, de comercios y, en menor número, industrias de manufactura, lo cual puede observarse en la Tabla 3.

**Tabla 3. Número de PyME de acuerdo a la Secretaría de Economía, 2011**

Nº total de PyME	5'144,056	100%
<b>Empresas de servicios</b>	2'422,850	47.10%
<b>Comercios</b>	1'337,455	26.00%
<b>Industria manufacturera</b>	925,930	18.00%
<b>Otras actividades</b>	457,821	8.90%

Fuente: Secretaría de Economía.

La cifra presentada por la SE implica que por cada 20 mexicanos existe una PyME. Para dar una idea de lo que esta cifra significa, basta considerar que una de cada seis familias tiene o maneja una empresa. Este gran número de empresas se explica porque en realidad la cifra se refiere a la llamada “unidad económica” que realiza actividades empresariales, las cuales no siempre están legalmente registradas (actividades informales).

Por su parte el INEGI hace una clasificación más exhaustiva de las micro, pequeña y mediana empresa, la cual permite advertir, primeramente que de la composición de empresas micro, pequeñas y medianas, las microempresas representan el 95% del total registrado en los Censos Económicos, es decir, poco más de 4.8 millones de empresas. Estas microempresas, las cuales cuentan con entre 0 y 10 trabajadores, contribuyen con el 40.6% del empleo formal, aportan el 15% del PIB y están divididas en poco más de 1,000 tipos de actividades y giros (Véase Tabla 4).

**Tabla 4. Censo de unidades económicas MIPYMES en 2009\***

Número de empresas clasificadas por el número de personas contratadas

Sector	Micro (0-10)	Pequeña y mediana (11-250)	Total
Manufactura	547,948	29,860	577,808
Comercio	2,369,053	54,353	2,423,406
Servicios no financieros	1,904,283	147,854	2,052,137
Agricultura	15,702	3,714	19,416
Minería	2,045	807	2,852
Construcción	8,271	10,342	18,613
Transportes	10,379	7,434	17,813
Servicios Financieros	17,737	2,184	19,921
<b>SUMA</b>	<b>4,875,418</b>	<b>256,548</b>	<b>5,131,966</b>
<b>Participación %</b>	<b>95</b>	<b>5</b>	<b>100</b>

Fuente: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, Censo Económico 2009, INEGI.

\* En los datos presentados en la Tabla no se considera el sector de actividad económica correspondiente a la Generación de energía y su distribución.

Además de la SE y el INEGI existen otras fuentes que reportan el número de pequeñas y medianas empresas existentes en el país, una de ellas es la Comisión Federal de Electricidad, quién cada año reporta el número de usuarios de energía eléctrica de acuerdo a la tarifa de consumo.

## 2.3 Las PyME conforme a la Comisión Federal de Electricidad (CFE)

La CFE es la única empresa que suministra electricidad en México, por tanto, registra a todos los consumidores de energía eléctrica en el país y reporta año con año el número de usuarios de acuerdo a la tarifa eléctrica que pagan, y el consumo de los mismos. Para los fines de este estudio se tomará el año 2009 como año base de análisis, de tal manera que se pueda homogeneizar la información tanto para la parte eléctrica como térmica<sup>8</sup>.

### 2.3.1 Usuarios de energía eléctrica

La CFE realizó un desagregado del total de sus clientes de acuerdo a la tarifa y al tipo de servicio, lo cual puede ser observado en la Tabla 5 y Tabla 6:

Tabla 5. Clientes de CFE por tarifa eléctrica

Tarifas	2008	%	2009	%
1	15'623,956	3.2	16'122,907	3.6
1A	1'670,245	2.2	1'707,053	2.7
1B	3'246,535	3.3	3'353,408	1.6
1C	4'410,209	3.3	4'556,094	3.8
1D	1'085,927	-2	1'064,038	3.4
1E	1'148,263	-16.5	958,500	4.7
1F	862,151	32	1'138,172	2.1
DAC	543,308	2.2	555,164	-7.9
2	3'318,136	2	3'384,339	1.7
3	23,845	0.7	24,022	-7.8
5	9,704	5.3	10,218	6.1
5A	125,693	4.6	131,429	3.4
6	32,320	1	32,640	1.9
7	10,644	4.7	11,143	8.3
9	11,613	5.1	12,204	-0.1
9M	16,494	-1.5	16,243	-2.8
9CU	44,053	-0.6	43,801	1.3
9N	42,727	4.9	44,836	4.5
OM	170,924	4.4	178,505	2.9
HM	53,636	7.1	57,459	5.7
HMC	122	-17.2	101	-1
HS	369	14.1	421	4
HSL	302	-1.3	298	-1.3
HT	50	16	58	0
HTL	28	0	28	0
<b>Total</b>	<b>32'451,257</b>	<b>2.9</b>	<b>33'403,084</b>	<b>3</b>

Fuente: Comisión Federal de Electricidad.

En la Tabla 6 se puede observar el número de usuarios o clientes de la CFE de acuerdo al tipo de servicio, destacándose que el servicio doméstico es el que cuenta con mayor número de usuarios (88.15% del total), seguido del sector comercial con un porcentaje de apenas el 10%.

<sup>8</sup> Para datos de consumos de energía térmica se cuenta únicamente con el Balance Nacional del año 2009.

**Tabla 6. Clientes de CFE según tipo de servicio**

Tipo de servicio	2005	2006	2007	2008	2009	% Usuarios
<b>Total</b>	23'265,575	24'223,660	25'310,883	26'338,672	27'149,573	100%
<b>Doméstico</b>	20'447,764	21'304,458	22'271,174	23'201,246	23'931,554	<b>88.15%</b>
<b>Comercial</b>	2'390,934	2'467,467	2'573,144	2'650,614	2'711,590	<b>9.99%</b>
<b>Servicios</b>	154,218	160,745	158,110	163,962	170,497	<b>0.63%</b>
<b>Industrial</b>	167,012	182,063	197,248	209,266	220,149	<b>0.81%</b>
<b>Empresa mediana</b>	166,397	181,410	196,565	208,568	219,399	<b>0.808%</b>
<b>Gran industria</b>	615	653	683	698	750	<b>0.003%</b>
<b>Agrícola</b>	105,647	108,927	111,207	113,584	115,783	<b>0.43%</b>

Fuente: CFE, Informe Anual 2009.

### 2.3.2 Consumo de energía eléctrica

De la misma manera en que reporta el número de clientes o usuarios, la CFE reporta año con año sus ventas de energía eléctrica y las clasifica también por tarifa como lo indica la Tabla 7.

**Tabla 7. Ventas de energía de CFE en MWh/año, según tarifa eléctrica**

Tarifas	2008	Δ%	2009	Participación
<b>1</b>	17'112,631	1.3	17'332,210	<b>9.55%</b>
<b>1<sup>a</sup></b>	1'924,304	4.8	2'016,164	1.11%
<b>1B</b>	4'677,659	4.4	4'881,761	2.69%
<b>1C</b>	9'450,922	6.4	10'053,086	<b>5.54%</b>
<b>1D</b>	2'775,850	3.5	2'874,376	1.58%
<b>1E</b>	3'666,000	-0.1	3'662,320	2.02%
<b>1F</b>	4'173,593	10.8	4'624,278	2.55%
<b>DAC</b>	3'670,219	-15.7	3'095,339	1.71%
<b>2</b>	<b>11'549,430</b>	<b>-1.1</b>	<b>11'424,990</b>	<b>6.30%</b>
<b>3</b>	<b>2'077,922</b>	<b>-4.9</b>	<b>1'976,246</b>	1.09%
<b>5</b>	927,514	-3.9	891,772	0.49%
<b>5<sup>a</sup></b>	3'560,455	3.7	3'690,936	2.03%
<b>6</b>	2'568,981	24.7	3'203,983	1.77%
<b>7</b>	17,361	-11.4	15,386	0.01%
<b>9</b>	65,264	4.5	68,178	0.04%
<b>9M</b>	1'160,950	-3.7	1'117,797	0.62%
<b>9CU</b>	1'698,897	2.7	1'745,298	0.96%
<b>9N</b>	5'183,438	22.8	6'367,480	3.51%
<b>OM</b>	<b>12'557,955</b>	<b>-0.5</b>	<b>12'491,711</b>	<b>6.88%</b>
<b>HM</b>	<b>56'440,160</b>	<b>-2.4</b>	<b>55'071,963</b>	<b>30.35%</b>
<b>HMC</b>	101,987	-35.3	66,002	0.04%
<b>HS</b>	7'851,955	9.7	8'610,569	4.75%
<b>HSL</b>	14'850,951	-18.5	12'110,623	<b>6.67%</b>
<b>HT</b>	4'217,849	18.9	5'016,473	2.76%
<b>HTL</b>	11'630,311	-22.1	9'056,492	4.99%
<b>Total</b>	<b>184'881,833</b>	<b>-1.85</b>	<b>181'465,433</b>	<b>100%</b>

Fuente: Comisión Federal de Electricidad.

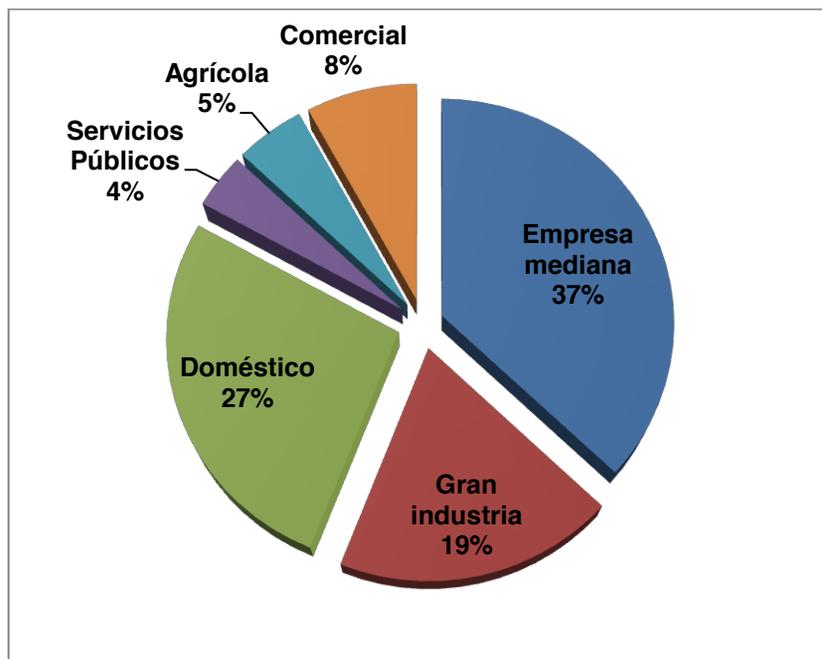
Derivado de la tabla anterior, las mayores ventas de electricidad son las correspondientes a la tarifa de media tensión HM (en la cual se encuentran usuarios PyME), la tarifa HSL, OM (también con usuarios PyME), tarifas del servicio doméstico (1, 1C) y la tarifa 2 con consumos menores a 25 kW cuyos usuarios pueden ser catalogados también dentro del sector PyME. En la Tabla 8 y Figura 1 se presentan las ventas de energía eléctrica clasificadas por tipo de servicio o sector<sup>9</sup>, lo cual permite identificar los servicios con mayores consumos (industrial, doméstico y comercial).

**Tabla 8. Agrupamiento de ventas de energía de CFE según tipo de usuarios**

VENTAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (GWh/año)						
Tipo de servicio/Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Total</b>	175,849	183,091	189,959	195,177	198,611	<b>195,649</b>
<b>Ventas directas al público:</b>	134,473	140,283	145,678	150,457	153,552	<b>151,350</b>
<b>a) Industrial:</b>	79,718	82,533	85,655	88,902	89,751	84,321
<b>Empresa mediana</b>	45,339	47,879	51,060	53,337	54,424	52,588
<b>Gran industria</b>	34,379	34,654	34,595	35,564	35,326	31,733
<b>b) Doméstico</b>	34,405	36,100	38,072	39,433	40,848	42,152
<b>c) Comercial</b>	9,062	9,136	9,391	9,534	9,689	9,628
<b>d) Agrícola</b>	6,906	7,994	7,901	7,748	8,049	9,237
<b>e) Servicios</b>	4,382	4,520	4,660	4,840	5,215	6,012
<b>Luz y Fuerza del Centro</b>	41,377	42,809	44,282	44,720	45,059	<b>44,299</b>

Fuente: CFE, Informe Anual 2009.

**Figura 1. Distribución del consumo eléctrico nacional según tipo de usuarios**



Fuente: Elaboración propia con datos del informe anual 2009 de la CFE.

<sup>9</sup> Esta clasificación es realizada por la misma CFE.

### 2.3.3 Consumo de energía eléctrica del sector PyME

La estimación del consumo de energía para el sector PYME suele ser difícil de realizar ya que los sistemas de información disponibles no llegan a un nivel de desagregación tal que permita asignar valores a este sector. Sin embargo se suele recurrir a aproximaciones realizadas a partir de la información suministrada en el Sistema de Información Energética de la Secretaría de Energía (<http://sie.energia.gob.mx>) y la información suministrada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Un criterio que fue adoptado por el Fideicomiso para el Ahorro de la Energía Eléctrica (FIDE), se basa en considerar perteneciente al sector PyME a aquellos usuarios que consumen energía eléctrica bajo las tarifas comerciales 2 y 3 de baja tensión, aquellos que contratan bajo tarifa OM y HM de media tensión y finalmente aquellos usuarios del sector agrícola que contratan bajo tarifa 9. Estos usuarios muestran un bajo consumo de energía eléctrica y que por lo tanto, podrían ser catalogados como PyME:

- **Servicio comercial:** tarifa 2 y 3 en baja tensión. Son utilizadas por establecimientos diversos que reciben la energía eléctrica en 127 o 220 Volts.
  - La tarifa 2 aplica en establecimientos con carga menor a 25 KW.
  - En caso de ser mayor a 25 KW, el establecimiento se factura ya dentro de la tarifa 3.
- **Empresa mediana:**
  - Tarifa OM (ordinaria en media tensión), para usuarios con demanda menor a 100 KW.
  - Tarifa HM (horaria en media tensión), para usuarios con demanda superior a 100 KW.
- **Sector agrícola:** Todas las tarifas identificadas con el número 9 son de aplicación agrícola, la electricidad consumida se utiliza para el bombeo de agua para riego en campos de cultivo.

**Tabla 9. Empresas PyME de acuerdo con la tarifa contratada**

Tamaño	Micro	Pequeña	Mediana
Demanda de energía eléctrica	Menor de 25 kW Tarifa 2	Menor de 100 kW Tarifa 3, y OM	Tarifa 9 y HM

Fuente: Elaboración propia; Definición FIDE

Las tarifas que aplican para la gran industria, pero que no serán objeto de análisis en este estudio son:

- Tarifas HS y HSL para industrias conectadas a nivel subtransmisión de 35 a 230 Kv.
- Tarifas HT y HTL para industrias conectadas a nivel transmisión, más de 230 Kv.

Aplicando este criterio a la Tabla 9, y agrupando los servicios comercial, agrícola y la mediana industria (empresa mediana) como "Sector PyME", se obtienen las ventas de electricidad clasificadas por grandes rubros. En la Tabla 10 se destaca que el 47% de la energía eléctrica es vendida/consumida por las PyME.

**Tabla 10. Agrupamiento de ventas de energía de CFE según servicio final**

Ventas de energía según servicio (2009)	Porcentaje	GWh/año 2009
Gran industria	20.97%	41,021 <sup>10</sup>
Doméstico	27.85%	54,489
Servicios públicos	3.97%	7,772
Sector Pyme	47.21%	92,367
<b>Total</b>	<b>100.00%</b>	<b>195,649</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del informe anual 2009 de la CFE.

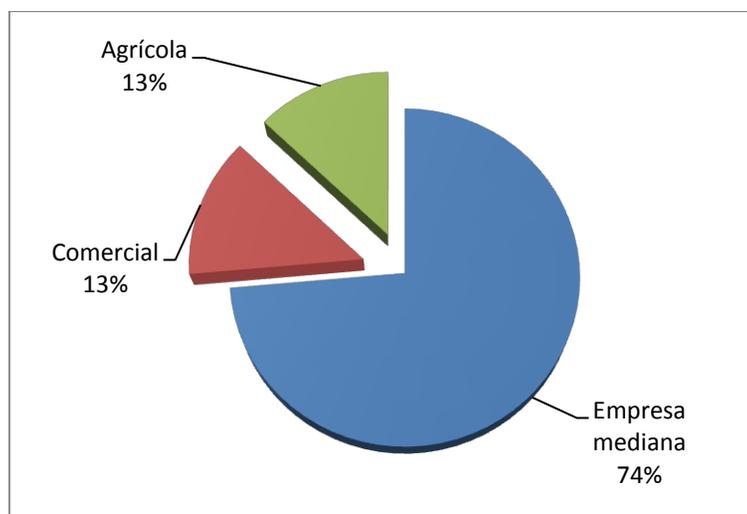
Nuevamente, el conjunto PyME a su vez se desagrega en tres bloques: sector empresa mediana (o mediana industria), sector comercial y sector agrícola (Véase Tabla 11 y Figura 2).

**Tabla 11. Ventas de energía en las PyME**

Ventas de energía PyME según servicio (2009)	Porcentaje	GWh/año 2009
Empresa mediana	73.60%	67,980
Comercial	13.47%	12,446
Agrícola	12.93%	11,941
<b>Total</b>	<b>100.00%</b>	<b>92,367</b>

Fuente: IEI, con datos del informe anual 2009 de la CFE.

**Figura 2. Distribución del Consumo Eléctrico en las PyME**



Fuente: Elaboración propia, con datos del informe anual 2009 de la CFE.

De los sectores anteriores, el sector con mayor consumo (73%) es el de la empresa mediana que factura en tarifa horaria de media tensión (HM).

<sup>10</sup> Resulta de sumar a la gran industria, reportada por la CFE, y el 21% de los usuarios de LyFC.

**Relación usuarios - consumo de energía:** Haciendo una relación entre el número de usuarios por cada subsector PyME y la cantidad de energía consumida en cada uno de ellos, se tiene que las empresas medianas son las principales consumidoras de energía eléctrica (67,980 GWh al año), sin embargo, el número de usuarios es de 218 mil empresas, cifra que representa únicamente el 5.5 % del total de PyME en México.

Por su parte, el sector comercial conjunta un gran número de usuarios de electricidad, casi 3.5 millones, que consumen menos del 13.5% de la energía eléctrica del sector PyME (12,446 GWh). Para promover la eficiencia energética en este sector sería conveniente trabajar, dado su gran número, con cámaras empresariales que agrupan a estas empresas, como la de restauranteros, hoteleros, farmacias, etcétera. Además, en este sector podrían funcionar campañas de promoción, jornadas de capacitación, conferencias, programas macros de ahorro de energía, etc.

El sector agrícola cuenta con un número reducido de usuarios, menos de 150,000, no obstante, su consumo de energía eléctrica casi se iguala al del sector comercio, quien duplica al sector agrícola en número de usuarios (6% y 3% respectivamente).

Para hacer más ilustrativa la información anterior, en la Tabla 12 se muestran los subsectores PyME, el número de usuarios y el consumo de energía eléctrica en cada uno de ellos.

**Tabla 12. Correlación usuarios-consumo de energía eléctrica del sector PyME, 2009**

Subsectores PyME	Usuarios	Porcentaje	Consumo GWh	Porcentaje
Comercios	3'481,343	90.45%	12,446	13.47%
Empresa mediana	218,897	5.69%	67,980	73.60%
Otras actividades (agrícola)	148,651	3.86%	11,941	12.93%
Total	3'848,891	100%	92,367	100%

Fuente: Elaboración propia de acuerdo al Balance Nacional de Energía, 2009.

Como podemos observar, hasta el año 2009 existían en México 3,848,891 usuarios considerados como PyME. La distribución del consumo de energía eléctrica en este sector, es representada por el subsector empresarial tipo mediana con un 73.6%, el sector comercial con un 13.47% y el sector agrícola con un 12.93%.

Esta cifra de usuarios PyME claramente difiere de las más de 5 millones de empresas PyME que son reportadas tanto por la Secretaría de Economía y el INEGI. Esta diferencia se encuentra en las empresas micro, que consumen energía contratando el servicio por tarifas de tipo doméstico, las cuales no fueron consideradas en este análisis.

## 2.4 Determinación de la distribución del consumo eléctrico por uso final en las PyME

En el marco del programa *“Evaluación del ahorro de energía eléctrica derivado de las acciones de los usuarios para los periodos de 1998 - 1999, 2000 - 2001 y 2002-2003”* se

realizaron 15,250 encuestas<sup>11</sup> a empresas ubicadas en las diferentes áreas de distribución de energía de la CFE.

La Figura 3 muestra las regiones en las que se dividió la república mexicana para la realización de las encuestas. Esta división se realizó con el fin de facilitar el procesamiento de los datos y hacer una caracterización por zona.

**Figura 3. Distribución del territorio nacional en las encuestas de ahorro de energía**



Fuente: Evaluación del ahorro de energía eléctrica derivado de las acciones de los usuarios para los periodos de 1998-1999, 2000-2001 y 2002-2003

### 2.4.1 Distribución del consumo en el sector mediana empresa

En las encuestas se buscaba indagar sobre el impacto de los usos finales de la energía eléctrica al interior de las empresas. Los usos finales considerados son: aire comprimido, iluminación, motores del proceso productivo, aire acondicionado, refrigeración, bombeo y equipos de cómputo y oficina.

Los resultados de la distribución del consumo de energía eléctrica en las empresas medianas se resumen en la

Tabla 13 y en la Figura 4:

---

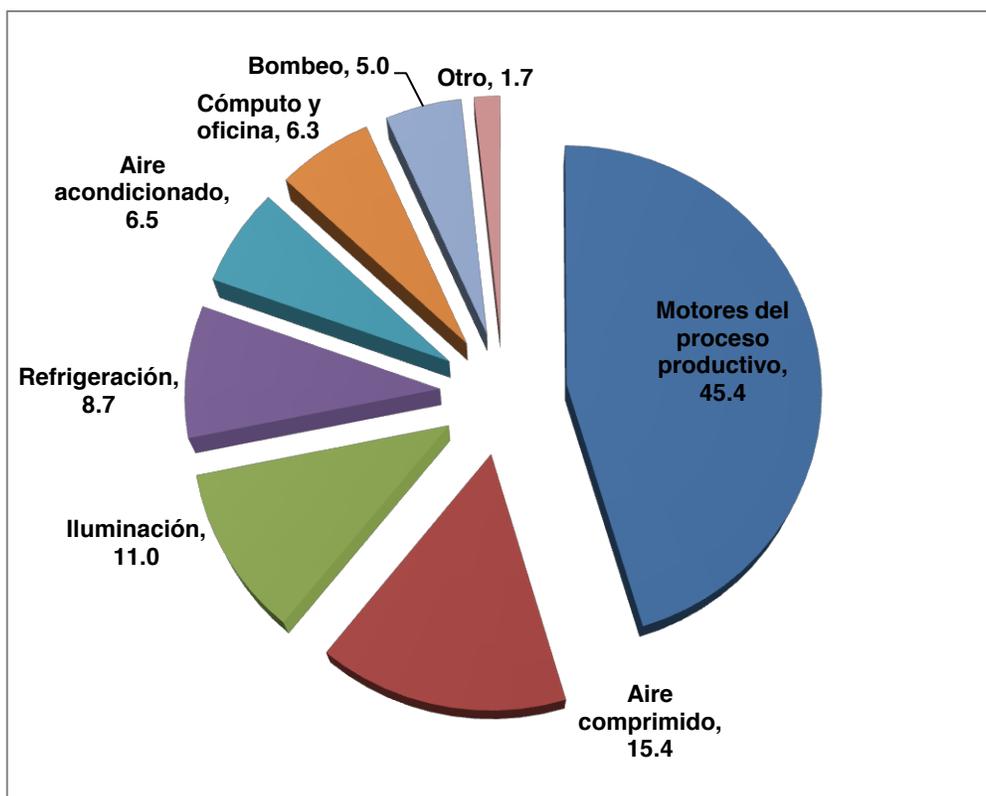
11 Encuestas realizadas a Director General, Gerente General, Gerente o Director de Planta, Responsable del Ahorro de Energía, Gerente de Ingeniería, Gerente de Mantenimiento, Supervisor de Planta, Supervisor de Ingeniería, Supervisor de Mantenimiento, Jefe de Planta, Jefe de Ingeniería, Jefe de Mantenimiento, Ingeniero de Planta, Ingeniero de Mantenimiento, Ingeniero de Servicios Eléctricos, Control de Gastos.

**Tabla 13. Distribución usos finales de energía eléctrica en industrias PyME**

Distribución del consumo/Sistema	Noroeste	Norte	Occidente	Centro	Sureste	DF y Estado de México	Promedio
Aire comprimido	13.5%	18.1%	16.2%	16.6%	12.3%	15.6%	15.4%
Iluminación	11.9%	11.0%	9.1%	12.1%	8.1%	13.8%	11.0%
Proceso productivo (principalmente motores)	30.6%	48.7%	53.8%	44.6%	48.1%	46.4%	45.4%
Aire acondicionado	14.3%	7.10%	3.80%	4.90%	6.50%	2.20%	6.5%
Refrigeración	13.7%	5.7%	7.8%	6.5%	11.7%	6.6%	8.7%
Bombeo	5.2%	3.70%	4.70%	5.50%	6.10%	4.70%	5.0%
Cómputo y oficina	8.8%	4.80%	4.20%	7.80%	3.50%	8.90%	6.3%
Otro	2.0%	0.90%	0.40%	2.00%	3.70%	1.80%	1.8%
<b>Total</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Evaluación del ahorro de energía eléctrica derivado de las acciones de los usuarios para los periodos de 1998-1999, 2000-2001 y 2002-2003

**Figura 4. Distribución típica del consumo eléctrico en una empresa mediana**



Fuente: Evaluación del ahorro de energía eléctrica derivado de las acciones de los usuarios para los periodos de 1998-1999, 2000-2001 y 2002-2003

De acuerdo a la información presentada en la tabla y gráfica anteriores, las conclusiones a las que se puede llegar en cuanto a consumo de energía eléctrica en usos finales son las siguientes:

- El uso final o principal sistema consumidor de energía eléctrica son los motores del proceso productivo;
- El segundo gran consumidor es el aire comprimido —exceptuando solo la zona noroeste donde ocupa el cuarto lugar—;
- La iluminación ocupa el tercer lugar en cinco de las zonas, a excepción del sureste donde ocupa el cuarto lugar y del noroeste donde ocupa el quinto lugar;
- La refrigeración es de mayor impacto en el noroeste y norte del país, lo que puede explicarse por la existencia de una gran cantidad de empresas procesadoras de alimentos en estas regiones en un clima cálido-seco. También en la región sureste se nota, aunque en menor porcentaje, una mayor utilización del aire acondicionado, esto debido al clima cálido-húmedo predominante.
- Los sistemas de bombeo, cómputo y equipo de oficina son de menor impacto, pero entre ambos pueden representar cerca de 10% del consumo.

## 2.4.2 Distribución del consumo en el sector comercios

Los resultados de las encuestas para el sector comercial reflejaron que hay tres grandes consumidores de energía eléctrica:

- Iluminación, con mayor peso en las zonas del DF, Estado de México y sureste,
- Aire acondicionado con mayor presencia en la zonas noroeste y norte,
- Refrigeración, con mayor utilización en el noroeste y norte.

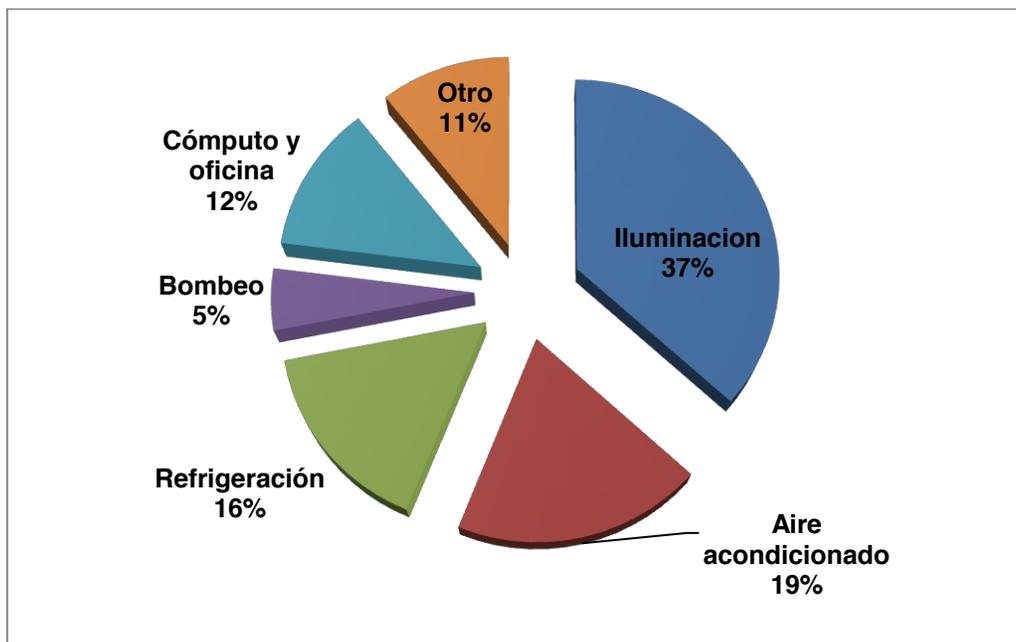
La Tabla 14 muestra los diferentes usos finales de energía eléctrica en el sector comercial y su distribución media por regiones.

**Tabla 14. Distribución usos finales de energía eléctrica en comercios PyME**

Distribución del consumo	Noroeste	Norte	Occidente	Centro	Sureste	DF y Estado de México	Promedio
<b>1. Iluminación</b>	19.90%	31.20%	35.59%	41.10%	42.80%	49.47%	36.68%
<b>2. Aire Acondicionado</b>	35.75%	25.30%	17.70%	14.60%	17.60%	5.45%	19.40%
<b>3. Refrigeración</b>	23.00%	17.80%	15.92%	12.50%	12.90%	12.60%	15.79%
<b>4. Bombeo</b>	2.70%	5.40%	4.37%	4.35%	5.90%	8.00%	5.12%
<b>Cómputo y oficina</b>	12.80%	10.90%	11.42%	13.70%	11.30%	13.84%	12.33%
<b>Otro</b>	5.8%	9.40%	15.00%	13.75%	9.50%	10.65%	10.7%
<b>Total</b>	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Fuente: evaluación del ahorro de energía eléctrica derivado de las acciones de los usuarios para los periodos de 1998-1999, 2000-2001 y 2002-2003

Figura 5. Distribución del consumo eléctrico sector comercios



Fuente: Evaluación del ahorro de energía eléctrica derivado de las acciones de los usuarios para los periodos de 1998-1999, 2000-2001 y 2002-2003

### 2.4.3 Distribución del consumo en instalaciones de servicio tipo oficinas

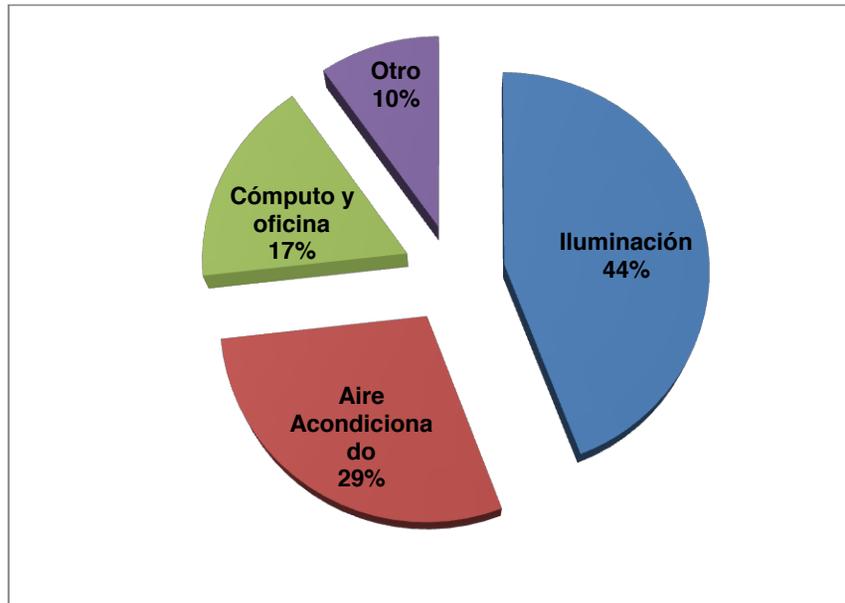
En las instalaciones tipo oficina la iluminación es el consumidor de electricidad que tiene mayor impacto, solo superada en la región noroeste y norte del país por el aire acondicionado, ya que las altas temperaturas en esta zona obligan su uso. En el Distrito Federal y el Estado de México el aire acondicionado representa menos del 10% de la energía eléctrica consumida por la oficina, de hecho, se sabe que la gran mayoría de oficinas no cuenta con sistemas de aire acondicionado. Por su parte, los equipos de cómputo promedian 17% del consumo de energía eléctrica en una oficina (Tabla 15 y Figura 6).

Tabla 15. Distribución usos finales de energía eléctrica en oficinas PyME

Distribución del Consumo	Noroeste	Norte	Occidente	Centro	Sureste	DF y Estado de México	Promedio
1. Iluminación	27.20%	33.50%	45.80%	58.50%	38.50%	61.70%	44.20%
2. Aire acondicionado	51.30%	42.10%	20.70%	12.90%	37.50%	9.50%	29.00%
3. Cómputo y oficina	12.80%	15.40%	19.40%	19.80%	14.50%	20.20%	17.02%
4. Otro	8.70%	9.00%	14.10%	8.80%	9.50%	8.60%	9.78%
Total	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Fuente: Evaluación del ahorro de energía eléctrica derivado de las acciones de los usuarios para los periodos de 1998-1999, 2000-2001 y 2002-2003

**Figura 6. Distribución del consumo eléctrico en una empresa del sector servicios**



Fuente: Evaluación del ahorro de energía eléctrica derivado de las acciones de los usuarios para los periodos de 1998-1999, 2000-2001 y 2002-2003

### 3 Potencial de ahorro de energía eléctrica

Una vez conocido el impacto de los usos finales al interior de las empresas en las diversas regiones de distribución de energía eléctrica de la CFE, se buscó también conocer si en dichas empresas se habían realizado acciones de ahorro de energía, para lo cual se planteó la pregunta: ¿Usted o su empresa han realizado al menos una medida para ahorrar energía? La Tabla 16 muestra los resultados derivados de las respuestas positivas a dicha pregunta en términos porcentuales y clasificadas por sectores y regiones de distribución de electricidad por parte de la CFE.

**Tabla 16. Porcentaje de empresas que han aplicado acciones de ahorro de energía**

Sector / región	Noroeste	Norte	Occidente	Centro	Sureste	DF y Estado de México	Promedio
Comercios /servicios	34.41%	26.79%	47.83%	34.15%	32.43%	38.27%	35.6%
Doméstico	66.28%	63.37%	66.67%	60.42%	78.57%	60.33%	65.9%
Industrias	77.94%	33.82%	69.23%	47.59%	68.75%	44.34%	56.9%
Agrícola	4.76%	29.27%	13.04%	0.00%	11.77%	0.00%	9.8%
Servicios municipales	87.50%	33.33%	83.33%	61.54%	69.23%	35.90%	61.8%

Fuente: Evaluación del ahorro de energía eléctrica derivado de las acciones de los usuarios para los periodos de 1998-1999, 2000-2001 y 2002-2003

Con base en los datos mostrados en la tabla anterior, se puede afirmar que cerca del 57% de las empresas industriales han realizado medidas de ahorro de energía, y son las empresas de las zonas noroeste y occidente las más destacadas.

Si la respuesta a la pregunta anterior fue afirmativa, la siguiente pregunta planteada en la encuesta fue: ¿Cuáles son las medidas de ahorro de energía que se han aplicado?

Para facilitar las respuestas y el análisis de éstas, se proporcionó a los encuestadores un catálogo de acciones concretas de ahorro de energía cuya enunciación se emplearía en el cuestionario. Los resultados arrojaron:

- Ninguna de las medidas de ahorro de energía enunciadas se había realizado en más de 5% de los casos.
- Menos de 2% de los entrevistados realizaron de manera formal un diagnóstico energético y las acciones que de él derivan.

Acorde a lo anterior, se puede notar que pese a los esfuerzos realizados por algunas instituciones, existen aún oportunidades para llevar a cabo acciones de ahorro de energía en los diferentes sectores empresariales.

### 3.1 Potencial de ahorro de energía eléctrica en empresas medianas

El avance tecnológico permite contar con equipos eléctricos que hacen un aprovechamiento más eficiente de la energía. En México existe alta tecnología para cualquier aplicación energética, incluso muchas normas prohíben la entrada y comercialización de equipos ineficientes (como es el caso de los motores de eficiencia estándar y los refrigeradores domésticos). Sin embargo, el parque de equipos de baja eficiencia en operación es muy amplio, por lo que el potencial de equipos a sustituir es bastante alto.

Con fundamento en los resultados obtenidos de las 15,250 encuestas y la experiencia de Ingeniería Energética Integral, se presenta a continuación una estimación del potencial de ahorro de energía eléctrica por sector PyME y por tipo de sistema o uso final.

Para el sector empresa mediana los potenciales de ahorro son mostrados en la Tabla 17. Estas cifras reportan el porcentaje en que puede disminuirse el consumo de energía en un sistema en particular, bajo el supuesto que la mayoría de las empresas de este tipo no han aplicado medidas para ahorrar energía. Cada uno de los porcentajes aplica sobre el 100% del consumo de energía de cada sistema.

**Tabla 17. Potencial de Ahorro de Energía en las Empresas Medianas**

Sistema de consumo	Ahorro
Aire comprimido	15%
Iluminación	30%
Proceso productivo	5%
Aire acondicionado	20%
Refrigeración	10%
Bombeo	15%
Cómputo y oficina	5%

Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos

Como puede observarse, en las empresas medianas el mayor ahorro se puede lograr en los sistemas de iluminación (30% de ahorro), después en los sistemas de aire acondicionado (20%) y con el mismo porcentaje de ahorro (15%) en aire comprimido y bombeo.

Algunas de las medidas que podrían aplicarse para lograr los ahorros arriba mencionados son:

- Los motores de eficiencia estándar podrían ser sustituidos por motores de eficiencia *premium*, además, está demostrado que muchos motores trabajan a baja carga, lo que significa que deben cambiarse por motores de menor capacidad.
- Sustitución de equipo de oficina obsoleto, con esta medida se reduciría de 3 a 15% el consumo eléctrico.
- Variadores de velocidad electrónicos, que permitirán alcanzar ahorros de hasta 20%.
- Sistemas de administración de la energía.

En el Anexo 2 se enlistan una serie de medidas ahorradoras para el resto de los sistemas energéticos de una empresa mediana.

## 3.2 Potenciales de ahorro de energía eléctrica en el sector comercios

En las empresas del sector comercio, los principales sistemas de consumo de energía y por ende, en los que se pueden tener ahorros son: iluminación, aire acondicionado, refrigeración, bombeo y equipo de cómputo y oficina.

Considerando los sistemas anteriores y las condiciones de las empresas del sector comercio, se puede estimar un potencial de ahorro global del 20%. La Tabla 18 desagrega el porcentaje de ahorro estimado para cada sistema o uso final.

**Tabla 18. Potencial de ahorro de energía en el sector comercios**

Sistema de consumo	Ahorro
1. Iluminación	30%
2. Aire acondicionado	20%
3. Refrigeración	20%
4. Bombeo	10%
5. Cómputo y oficina	5%

Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos

Como puede observarse, en el sector comercios el mayor potencial de ahorro se encuentra en los sistemas de iluminación, ello porque predomina la tecnología de iluminación de baja eficacia como los focos incandescentes, las lámparas fluorescentes en bulbo T12, las lámparas de Mercurio, y las lámparas de aditivos metálicos. Sin embargo, implementado alternativas ahorradoras como las lámparas T8 y T5 con balastos electrónicos y luminarias con LED, es posible alcanzar el ahorro del 30% estimado. Es importante mencionar que en términos de sistemas de iluminación, se han desarrollado variados y eficientes sistemas de control que permiten reducir desperdicios de energía, como los sistemas con sensores para la detección de movimiento.

En cuanto al aire acondicionado, el potencial de ahorro de energía eléctrica es del 20%, ello debido a que los equipos que se encuentran en el mercado tienen consumos energéticos altos al no haber una normatividad estricta que establezca altas eficiencias. Así, la gran mayoría de equipos a la venta en México mantienen relaciones de eficiencia energética (REE) según se muestra a continuación: a) 1.1 a 1.6 kilowatt por tonelada de refrigeración [kW/TR] para equipos tipo ventana, b) del tipo mini o multi-split se encuentran con una relación desde 0.7 kW/TR, c) otras tecnologías —como los chillers— se desempeñan con valores desde 0.5 kW/TR. Las medidas, que en términos de aire acondicionado podrían llevarse a cabo y alcanzar ahorros considerables son: la aplicación de aislamientos térmicos sobre la construcción, la aplicación de películas reflejantes en los cristales y equipos de control.

En cuanto a los equipos de refrigeración, es posible lograr grandes ahorros (hasta del 30%) cuando se sustituye un equipo de modelo anterior al 2002 por un equipo moderno; en este tenor, el FIDE ha documentado ahorros de hasta 70% de energía. Existe una gran cantidad de locales comerciales que cuentan con varias unidades individuales ineficientes, en estos casos, la sugerencia es usar cámaras de enfriamiento que trabajan a menor potencia y que enfrían más y por lo tanto ahorran mayor cantidad de energía. Dado lo anterior se justifica un potencial global de ahorro de al menos 20%.

### 3.3 Potenciales de ahorro eléctrico en el sector agrícola

En el sector agrícola, la energía eléctrica es utilizada para la irrigación de tierras destinadas al cultivo. El consumo de energía es mayor en los equipos de bombeo pues utilizan el 95% de la energía suministrada a este sector, el 5% es utilizado para los equipos de iluminación de las estaciones de bombeo. El potencial de ahorro está ligado a la bomba hidráulica y al motor eléctrico que la impulsa, sin embargo, en algunas ocasiones se selecciona la bomba inadecuada así como del motor no idóneo y por lo tanto los equipos en operación demandan más energía de la requerida, provocando desperdicios de energía, aunado a que el sector agrícola carece de asistencia técnica especializada. Dado lo anterior, se estima muy factible esperar un ahorro de energía del 30% en la iluminación y en el sistema de bombeo, como se aprecia en la Tabla 19.

**Tabla 19. Potencial de ahorro de energía en el sector agrícola**

Sistema de consumo	Ahorro
1. Iluminación	30%
2. Bombeo	30%

Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos

### 3.4 Procedimiento para determinar el potencial de ahorro de energía eléctrica nacional

El procedimiento para determinar el potencial de ahorro de energía eléctrica nacional es el siguiente:

1. Se estableció el consumo eléctrico nacional tomando como referencia el año 2009 y el desglose utilizado por CFE según el tipo de servicio (Tabla 6).
2. Con base en información recabada en las encuestas y derivada de diagnósticos energéticos se hizo la distribución de los consumos de energía eléctrica dentro la empresa mediana, el sector comercial y el sector agrícola.
3. Por último, la ejecución de proyectos de ahorro de energía y el desarrollo tecnológico han dado la pauta para establecer los potenciales de ahorro que pueden existir en cada sistema energético. La información obtenida en el procedimiento anterior ayuda a inferir cuánta energía puede ahorrarse en el supuesto caso de que los usuarios que son aglutinados como PyME convirtiesen sus sistemas energéticos ineficientes a sistemas equivalentes, pero energéticamente eficientes.

Para calcular el potencial de reducción de emisiones indirectas se utilizará el factor de emisión del Programa GEI México, que para el año 2009 fue 0.5057tCO<sub>2eq</sub> por MWh (Véase Tabla 20).

**Tabla 20. Consumo de energía eléctrica de las PyME en el año 2009**

Consumo eléctrico PyME GWh	Porcentaje	Consumo [GWh/año]
Comercios	13.47%	12,446
Mediana industria	73.60%	67,980
Agrícola	12.93%	11,941
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>92,367</b>

Fuente: elaboración propia con base en estadísticas de CFE

### 3.4.1 Cálculo del potencial de ahorro de energía por sector

Para el cálculo del potencial de ahorro se utilizó la fórmula siguiente:

$$\text{Potencial de ahorro del sistema} = (\% \text{ de ahorro en el sistema}) * (\% \text{ de participación en el consumo del sector})$$

A continuación se ejemplifica la aplicación de esta fórmula para el caso de la iluminación:

La iluminación representa 36.7% (Tabla 21) del consumo el sector comercial, y para este uso final se estimó un potencial de ahorro de 30%. Por tanto, el potencial de ahorro energético existente en el sector comercial debido a la aplicación de medidas de ahorro de energía en la iluminación, es el efecto acumulado tanto de su porcentaje en el consumo como de su porcentaje de ahorro:

$$\text{Potencial de ahorro en iluminación} = \% \text{ de ahorro} \times \% \text{ de consumo} = 30\% \times 36.7\% = 11\%$$

Se procede de manera semejante con el resto de los sistemas energéticos, lo que resulta en un ahorro potencial total en el sector comercial de 19.17%. Véase Tabla 21.

**Tabla 21. Estimación del potencial de ahorro en el sector comercial**

Sistema de consumo	Ahorro	Consumo	Potencial ahorro
1. Iluminación	30%	36.7%	11.00%
2. Aire Acondicionado	20%	19.4%	3.88%
3. Refrigeración	20%	15.8%	3.16%
4. Bombeo	10%	5.1%	0.51%
5. Cómputo y oficina	5%	12.3%	0.62%
6. Otro	0%	10.7%	0.00%
<b>Total</b>		100.0%	19.17%

Fuente: elaboración propia con base en análisis y estudios previos

Para el sector de la mediana empresa, el potencial de ahorro de energía se muestra en la Tabla 22, teniéndose una reducción factible de consumo de energía en el sector del orden del 11%.

**Tabla 22. Estimación del Potencial de Ahorro en el Sector Empresa Mediana**

Sistema de consumo	% de ahorro	% de Consumo	Potencial Ahorro
Aire comprimido	15%	15.4%	2.31%
Iluminación	30%	11.0%	3.30%
Proceso productivo	5%	45.4%	2.27%
Acondicionamiento ambiental	20%	6.5%	1.29%
Refrigeración	10%	8.7%	0.87%
Bombeo	15%	5.0%	0.75%
Cómputo y oficina	5%	6.3%	0.32%
<b>Total</b>			11.1%

Fuente: elaboración propia con base en análisis y estudios previos

En el sector agrícola se estima un reducción del 30% en el consumo de energía eléctrica, según lo muestra la Tabla 23.

**Tabla 23. Estimación del potencial de ahorro en el sector agrícola**

Sistema de consumo	Ahorro	Consumo	Potencial ahorro
1. Iluminación	30%	5.0%	1.50%
2. Bombeo	30%	95.0%	28.50%
<b>Total</b>		100.0%	30.00%

Fuente: elaboración propia con base en análisis y estudios previos

### 3.4.2 Cálculo del potencial de ahorro en consumo de energía eléctrica y su efecto en la reducción de Gases Efecto Invernadero (GEI)

El ahorro total en las PyME es la suma del ahorro esperado en los diferentes tipos de sectores. Para calcular el potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero indirectas se utiliza el factor de emisiones GEI relacionado a la generación de electricidad. Para el caso de México, este factor es estimado por el Programa GEI México con base en la metodología utilizada por la Asociación de Técnicos y Profesionistas en Aplicación Energética (ATPAE), y aprobada por la Junta Ejecutiva del Mecanismo para el Desarrollo Limpio. Los factores por año se presentan en la Tabla 24.

**Tabla 24. Factores de emisión del Programa GEI México**

Año	Factor de emisión promedio [t CO <sub>2</sub> e/MWh]
2004	0.5484
2005	0.5557
2006	0.5283
2007	0.5208
2008	0.4698
2009	0.5057

Fuente: Programa GEI México

Para el cálculo de emisiones se multiplica el factor de emisiones reportado para el año 2009 (0.5057), por el ahorro expresado en Mega Watt hora [MWh] en cada sector, al final se suman los valores para obtener la reducción de GEI en las PyME (Véase Tabla 25).

**Tabla 25. Potencial de ahorro de energía eléctrica y reducción de GEIS en las PyME**

Sector	Consumo GWh año 2009	Porcentaje ahorro	Ahorro en GWh	Ahorro en MWh	Toneladas evitadas CO <sub>2e</sub>
Comercios	12,446	19.17%	2,386	2'385,735	1'206,466
Mediana empresa	67,980	11.10%	7,546	7'545,791	3'815,907
Agrícola	11,941	30.00%	3,582	3'582,300	1'811,569
<b>TOTAL</b>	<b>92,367</b>	<b>14.63%</b>	<b>13,514</b>	<b>13'513,826</b>	<b>6'833,942</b>

Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos

Si se llevan a cabo acciones de ahorro de energía en las PyME, se estima que la reducción de emisiones de GEI puede ser del orden de 6.83 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2e</sub>).

El sector que de acuerdo a la Tabla 25 resulta con mayor potencial de reducción de GEI, derivado de su alto consumo de energía eléctrica y por ende del potencial de ahorro, es el sector mediana empresa, en el cual si se llevan a cabo acciones de ahorro de energía, se estaría en la posibilidad de reducir más del 50% del total de emisiones. Lo anterior no descarta al sector comercios y agrícola como factibles para realizar este tipo de acciones, sin embargo, en las empresas medianas sería más “sencillo” implementar algún programa de ahorro de energía porque el número de empresas en este sector es pequeño comparado con el sector servicios o agrícola.

## 4 Evaluación económica del potencial de ahorro por energía eléctrica

Los precios unitarios de la energía eléctrica para el sector PyME sirven de base para calcular el ahorro económico que podría obtenerse por la aplicación de medidas de eficiencia energética en las empresas. Para los fines de este estudio, los precios unitarios de electricidad utilizados serán los de septiembre del 2011 y se muestran en la Tabla 26.

**Tabla 26. Precios unitarios de electricidad aplicados a las PyME**

Precios unitarios de electricidad en septiembre 2011, región central.					
Tarifa	kW	kWh	kWh punta	kWh intermedio	kWh base
2. Baja tensión menor a 25 kW	NA	\$2.810	NA	NA	NA
3. Baja tensión mayor de 25 kW	\$225.15	\$1.631	NA	NA	NA
7. Servicio temporal	141.37	\$4.187	NA	NA	NA
OM (ordinaria media tensión)	\$155.28	\$1.346	NO	NO	NO
HM (horaria media tensión)	\$169.31	NA	\$2.0028	\$1.2251	\$1.0240
9. Riego agrícola en baja tensión	NA	\$2.609	NA	NA	NA
9M. Riego agrícola en media tensión	NA	\$2.632	NA	NA	NA
9CU. Riego agrícola estímulo con cargo único	NA	\$0.460	NA	NA	NA
9N. Riego agrícola estímulo para riego nocturno	NA	\$0.230	NA	NA	NA

Fuente: CFE, tarifas eléctricas 2011

### 4.1 Casos de ahorro de energía en la empresa mediana

A continuación se presentan ejemplos de casos con aplicación de medidas de eficiencia energética en los sistemas de iluminación, aire comprimido, motores del proceso productivo, refrigeración, aire acondicionado y bombeo, y los beneficios económicos esperados de la aplicación de tales medidas.

El siguiente caso de análisis es de una empresa mediana que paga la energía eléctrica en tarifa horaria de media tensión (HM). En la Tabla 28 se muestran los ahorros anuales totales esperados con base en las propuestas de aplicación de medidas de ahorro de la Tabla 27.

**Tabla 27. Análisis económico del ahorro de energía en una empresa mediana con tarifa HM**

Sistema energético	Aire comprimido	Iluminación	Motores proceso productivo	Aire acondicionado	Refrigeración	Bombeo
<b>Ejemplo de aplicación</b>	Sustitución de compresores por otros de alta eficiencia para entregar un flujo de 250 ft <sup>3</sup> /min.	Cambio de 100 luminarias 2x75W T12 por 100 luminarias 2x32W T8 en línea con reflector especular	Cambio de 5 motores de 10 HP de eficiencia estándar por otros de eficiencia <i>premium</i>	Cambio de equipo de aire acondicionado de 100 TR, eficiencia 9 contra eficiencia 17 EER	Sustitución de los compresores de congelación por un compresor monotornillo de alta eficiencia de 70 TR	Sustitución de bombas para entregar 720 litros de agua por minuto
<b>Horas mes de trabajo</b>	420	312	468	320	432	320
Sistema convencional						
<b>Potencia kW</b>	55.5	18	208.3	125	94.5	41.5
<b>Consumo mensual equipo</b>	23,310	5,616	97,484	40,000	40,824	13,280
<b>Costo de operación anual</b>	\$479,919.60	\$124,250.11	\$1'962,705.9	\$879,000.0	\$835,476.8	\$291,828.0
Sistema ahorrador						
<b>Potencia kW</b>	42.3	6.4	199.5	75	58.8	19.62
<b>Consumo mensual equipo</b>	17,766	1,997	93,366	24,000	25,402	6,278
<b>Costo de operación anual</b>	\$365,776.56	\$44,177.82	\$1'879,788.00	\$527,400.00	\$519,852.20	\$137,967.80
<b>Ahorro anual</b>	\$114,143.04	\$80,072.29	\$82,917.96	\$351,600.00	\$315,624.56	\$153,860.16
<b>Inversión</b>	\$414,000	\$210,000	\$175,000	\$750,000	\$1,320,000	\$234,500
<b>Tiempo de retorno años</b>	3.63	2.62	2.11	2.13	4.18	1.52

Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos

**Tabla 28. Ahorros totales anuales de la empresa mediana**

<b>Ahorro anual total</b>	\$1'098,218
<b>Inversión total</b>	\$3'103,500
<b>Periodo de retorno (años)</b>	2.83

Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos

En el caso a continuación, el análisis de ahorro económico por la aplicación de medidas de eficiencia energética considera una empresa mediana del sector comercial que paga su electricidad en tarifa 3. Los precios unitarios para esta tarifa son retomados de la Tabla 26. De

manera análoga al caso anterior, se presenta la Tabla 29 que contiene las propuestas de ahorro de energía eléctrica para cada sistema o uso final.

**Tabla 29. Análisis de ahorro de energía en una empresa mediana con tarifa 3**

Sistema energético	Aire comprimido	Iluminación	Motores proceso productivo	Acondicionamiento ambiental	Refrigeración	Bombeo
<b>Ejemplo de aplicación</b>	Sustitución de compresores por otros de alta eficiencia para entregar un flujo de 250 ft <sup>3</sup> /min.	Cambio de 100 luminarias 2x75W T12 por 100 luminarias 2x32W T8 en línea con reflector especular	Cambio de 5 motores de 10 HP de eficiencia estándar por otros de eficiencia <i>premium</i>	Cambio de equipo de aire acondicionado de 100 TR, eficiencia 9 contra eficiencia 17 EER	Sustitución de los compresores de congelación por un compresor mono tornillo de alta eficiencia de 70 TR	Sustitución de bombas para entregar 720 litros de agua por minuto
<b>Horas mes de trabajo</b>	420	312	468	320	432	320
<b>Sistema convencional</b>						
<b>Potencia kW</b>	55.5	18	208.3	125	94.5	41.5
<b>Consumo mensual equipo</b>	23,310	5,616	97,484	40,000	40,824	13,280
<b>Costo de operación anual</b>	\$606,173.22	\$158,548.75	\$2'470,749.6	\$1'120,605.0	\$1'054,327.4	\$372,040.9
<b>Sistema ahorrador</b>						
<b>Potencia kW</b>	42.3	6.4	199.5	75	58.8	19.62
<b>Consumo mensual equipo</b>	17,766	1,997	93,366	24,000	25,402	6,278
<b>Costo de operación anual</b>	\$462,002.29	\$56,372.89	\$2'366,368.5	\$672,363.0	\$656,026.0	\$175,890.2
<b>Ahorro anual</b>	\$144,170.93	\$102,175.86	\$104,381.16	\$448,242.00	\$398,301.47	\$196,150.70
<b>Inversión</b>	\$414,000	\$210,000	\$175,000	\$750,000	\$1'320,000	\$234,500
<b>Tiempo de retorno años</b>	2.87	2.06	1.68	1.67	3.31	1.20

Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos

**Tabla 30. Ahorros totales anuales de una empresa mediana con tarifa 3**

<b>Ahorro anual total</b>	\$1,393,422
<b>Inversión total</b>	\$3'103,500
<b>Periodo de retorno (años)</b>	2.23

Fuente: IEI, con información propia derivada de proyectos energéticos.

La inversión necesaria para la aplicación de las medidas anteriormente descritas sería de \$3'103,500.00 pesos, y considerando los ahorros anuales esperados en el consumo de energía (\$1,393,422.00) derivados de la aplicación de las medidas, se estaría en condiciones de

recuperarla en menos de dos años y medio, lo cual vuelve muy rentable para los empresarios el disminuir sus consumos de electricidad (véase Tabla 30).

La comparación de los resultados económicos entre un servicio pagado en tarifa eléctrica de media tensión y otra de baja tensión (tarifa 3) revela que el mismo proyecto de ahorro de energía es más rentable en la tarifa que pagan los establecimientos comerciales con tarifa 3.

En la Tabla 31 se presenta otro ejemplo de ahorro y beneficios económicos esperados aplicable a un hotel que paga su energía en tarifa 3.

**Tabla 31. Medidas de ahorro de energía en un hotel**

<i>"Hotel jardines de San Juan"</i>						
Sistema	Medida	Ahorro en demanda (kW)	Ahorro en consumo anual total (kWh)	Inversión (\$)	Ahorro anual (\$)	Periodo de retorno de inversión (años)
Sistemas de iluminación	Sustitución de iluminación convencional con 250 focos incandescentes de 40, 60, 75 y 100 W por iluminación ahorradora tipo fluorescente compacta de lúmenes equivalentes	10.00	9,900	\$31,250.00	\$43,164.90	0.72
Sistema de refrigeración	Sustitución de 7 refrigeradores convencionales por una cámara de refrigeración	3.00	17,820	\$64,500.00	\$37,169.82	1.74
Aire acondicionado	Sustitución de 30 equipos de aire acondicionado (9 EER) por equipos Mini Split eficientes con sello Fide	14.40	50,400	\$390,000.00	\$121,108.32	3.22
<b>Totales</b>		<b>27.40</b>	<b>78,120</b>	<b>\$485,750.00</b>	<b>\$201,443.04</b>	<b>2.41</b>

Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos

Podrían citarse más ejemplos —incluso más profundos en sus acciones de ahorro—, no obstante, los resultados son semejantes. Los periodos de retorno para medidas que incluyan tecnología de mayor precio serán mayores, como es el caso de los LED.

## 5 Potenciales de ahorro de energía térmica

### 5.1 Consumo de energía térmica en las PyME

Para conocer el consumo de energía térmica en las PyME de México es necesario recurrir al Balance Nacional de Energía que publica la Secretaría de Energía. En éste se enlistan los combustibles utilizados para generar energía térmica por sector, como se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32. Consumo de energía térmica por ramas industriales 2009

Sector industrial	Térmico [PJ]	% participación
Siderurgia	146.56	15.56
Cemento	112.30	11.92
Azúcar	90.63	9.62
Pemex petroquímica	85.46	9.07
Química	64.05	6.80
Minería	45.98	4.88
Celulosa y papel	41.65	4.42
Vidrio	46.35	4.92
Cerveza y malta	15.07	1.60
Construcción	10.36	1.10
Aguas envasadas	9.09	0.97
Automotriz	4.03	0.43
Hule	5.91	0.63
Aluminio	1.12	0.12
Fertilizantes	3.23	0.34
Tabaco	0.21	0.02
Otras ramas	259.75	27.58
<b>Total</b>	<b>941.74</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Balance Nacional de Energía, 2009

Para fines del presente estudio se considera que el consumo identificado en el Balance Nacional como “otras ramas” corresponde a los consumos de las pequeñas y medianas empresas, ya que las demás ramas industriales reportadas en la Tabla 32 corresponden al sector gran industria. Entendemos que este es un criterio sujeto a discusión primero porque es muy probable que en las ramas reportadas en esta tabla también se encuentren empresas PyME y segundo porque quizá no todo el consumo agregado bajo el rubro “otras ramas”, corresponda totalmente a empresas PyME, pero es la base adoptada para cálculo en este trabajo

Para obtener el total del consumo de combustible del sector PyME, además del subsector industrial, el cual fuera identificado bajo el rubro de “otras ramas”, se deben considerar también a los subsectores PyME agrícola y comercial.

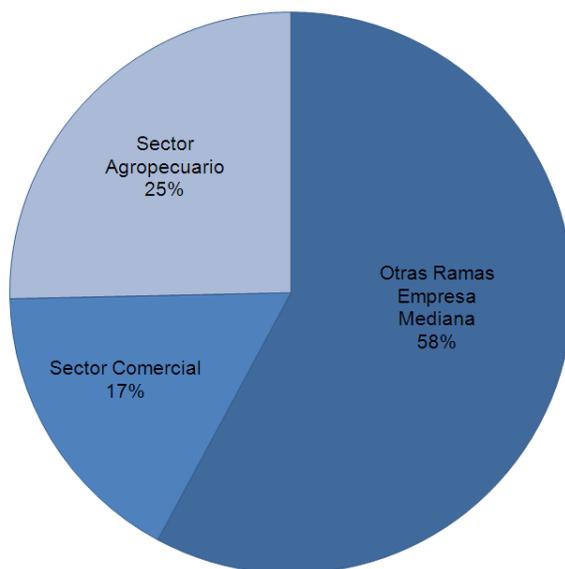
Esta información se puede obtener del Balance Nacional de Energía, el cual informa que el sector PyME en su conjunto consume alrededor de 447.70 PJ, de los cuales la mediana industria (otras ramas), es la que demanda la mayor cantidad de energía térmica (259.75 PJ), seguida por el subsector agrícola (113.62 PJ) y, en menor medida, el subsector comercial (75.30 PJ). Esto puede observarse en la Tabla 33 y en la Figura 7.

**Tabla 33. Consumo de energía térmica en las PyME en el año 2009**

Consumo final térmico de PyME	Consumo final PJ	% participación
Otras ramas y empresa mediana	259.75	58.15
Sector comercial	74.33	16.41
Sector agrícola	113.62	25.44
<b>Total</b>	<b>447.70</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía.

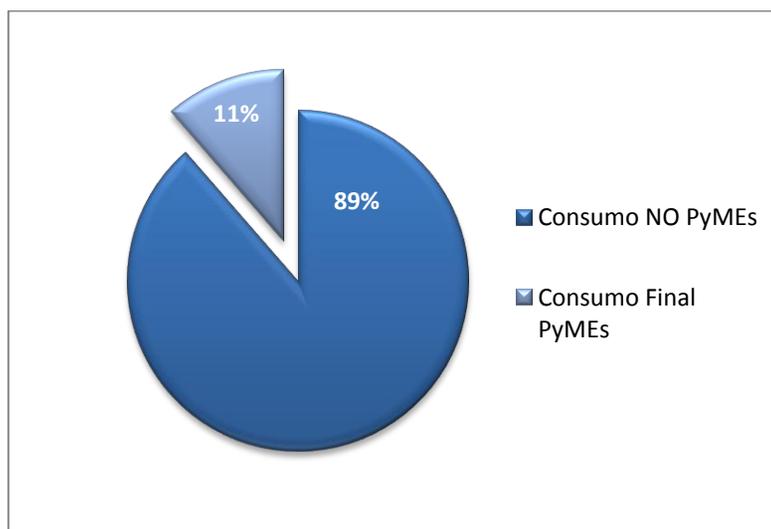
**Figura 7. Distribución del consumo térmico por subsector PyME, 2009**



Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía.

Llevando estos valores a los totales nacionales reportados para el año 2009, sobre un consumo total nacional de combustible con un valor energético de 3,926.25 PJ el sector PyME consume 447.70 PJ para satisfacer sus necesidades de energía térmica, lo que representa el 11% del consumo térmico a nivel nacional (Véase Figura 8).

**Figura 8. Fracción del consumo térmico de las PyME, 2009**



Fuente: Elaboración propia con base en los datos del Balance Nacional de Energía, 2009.

Desagregando a su vez el combustible consumido por el sector PyME según el tipo de combustible empleado, llegamos a la siguiente tabla (Tabla 34):

**Tabla 34. Tipos de energía térmica en PJ usada por el sector PyME en 2009**

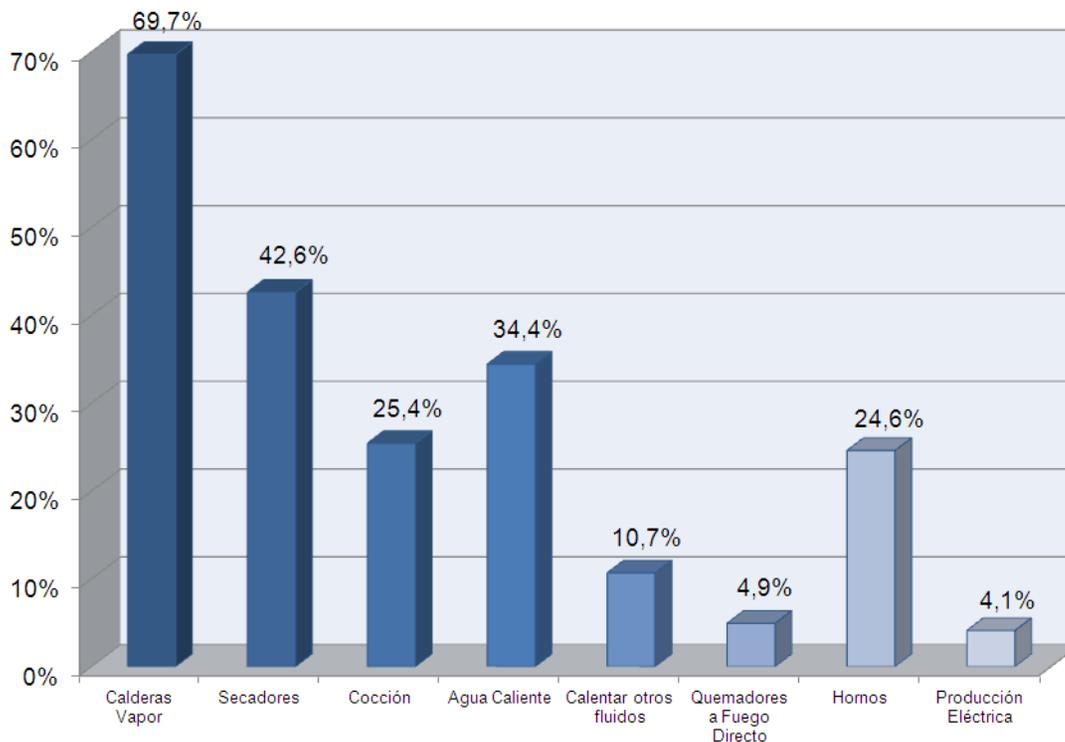
Energético/año	Empresa industrial mediana	Empresa comercial	Empresa agrícola	Total por combustible
Bagazo de caña	3.333			3.333
Carbón	0.396			0.396
Coque de petróleo	33.233			33.233
Gas licuado	34.444	62.34	5.782	102.566
Querosenos	0.001		0.05	0.051
Diesel	21.971	3.334	107.788	133.093
Combustóleo	26.054			26.054
Gas seco	140.317	8.659		148.976
<b>Sub Total</b>	<b>259.749</b>	<b>74.333</b>	<b>113.620</b>	
<b>Total</b>	<b>447.702</b>			

Fuente: Balance Nacional de Energía, 2009.

## 5.2 Aplicaciones de la energía térmica en las PyME

Dentro de las aplicaciones relacionadas con la energía térmica en las PyME, se encuentran las calderas de vapor, secadores, cocción, agua caliente, calentamiento de otros fluidos, quemadores a fuego directo, hornos y producción de electricidad, las cuales se enlistan en la Figura 9.

Figura 9. Frecuencia de aplicaciones relacionadas de energía térmica en PyME



Fuente: Balance Nacional de Energía, 2009.

Como se observa en esta gráfica, dentro de las aplicaciones térmicas más comunes se encuentran, en primer lugar, las calderas de vapor (69.7%), seguidas de la utilización de secadores térmicos (42.6%), calentamiento de agua (34.4%), cocción y hornos térmicos (24.6%), de acuerdo a la Figura 9.

Para complementar esta información, se presenta en la Tabla 35, un inventario de aplicaciones de energía térmica vinculada a proyectos de eficiencia energética, elaborado a partir de la información recogida en trabajos de campo realizados por la empresa Ingeniería Energética Integral.

Tabla 35. Inventario de aplicaciones térmicas en proyectos de ahorro de energía

Rama económica	Total muestra	Calderas vapor	Secadores	Cocción	Agua caliente	Calentar otros fluidos	Quemadores a fuego directo	Hornos	Producción eléctrica
Galvanoplastia	3	3							
Vestido	3	3							
Harinas	4	4	4	4			1	1	
Aceites	5	5	5	5	5				
Cartón y papel	4	4	4						2
Minera	5	0							
Plataformas	6	0							
Autopartes	4	0	4				4	4	
Materiales construcción	8	4	7			1		7	
Metalmecánica	2	0						1	
Bebidas carbonatadas	4	4			4				
Fundición	4							4	
Textil	7	7	5		3	2			2
Impresoras	2	2	2						
Hulera	3	3							
Plásticos	3	3				2			
Alimentos en polvo	2	2	2					2	
Rastros	4	4	4	4	4				
Cemento	1	1	1					1	
Lácteos	5	5			5				
Química	5	5	2		5	5			
Cerámica	2	2	1					2	
Pinturas	4	4				2			
Farmacéutica	4	4	2		4				
Hoteles	5	1		5	5				1
Baños públicos	2	2			2				
Pañales	2	2	2						
Madera	3	3	3			1		2	
Clubes deportivos	5	2		5					
Agroindustria de alimentos	5	5	4	5	5				
Panaderías	3	1		3			1	3	
Talleres automotrices	3							3	
<b>Total</b>	<b>122</b>	<b>85</b>	<b>52</b>	<b>31</b>	<b>42</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>30</b>	<b>5</b>

Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos

### 5.3 Estimación del potencial de ahorro para el conjunto nacional de empresas PyME

En México no existe un estudio detallado para conocer de manera desagregada y confiable el consumo de energía térmica. Por lo anterior, es complicado establecer un modelo de cálculo de los potenciales de ahorro para este tipo de energía. No obstante esto, con las medidas que se han expuesto anteriormente podría estimarse un ahorro global de entre 10 y 15%.

Cabe señalar que hay muchos proyectos que han rebasado estos porcentajes, por lo que manejarse entre 10 y 15% es muy prudente para no caer en escenarios no realizables. Conforme la experiencia de Ingeniería Energética Integral, es viable obtener los porcentajes de ahorro de energía que se muestra la Tabla 36.

Tabla 36. Potenciales de ahorro de energía en procesos usados por las PyME

Acciones de ahorro de energía	Potenciales térmicos
Calderas y generadores de vapor	15%
Secadores	10%
Cocción	10%
Calentamiento de Agua	10%
Calentamiento de otros fluidos	10%
Quemadores a fuego directo	15%
Hornos	15%
Producción de electricidad	2%

Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos

Para el cálculo de ahorro se partirá de la energía consumida por las PyME en 2009 que, según se muestra en la Tabla 34, fue de 447.70 Petajoules. Si se parte de los argumentos expuestos, el consumo nacional de energía de las PyME podría disminuir al menos 10% si se realizan acciones de eficiencia energética, pero para fines de mostrar un escenario más optimista se presenta en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**<sup>36</sup> el efecto de ahorrar entre 10% y un 15%, lo que equivale a disminuciones de consumo de entre 44.77 y 67.16 Petajoules.

**Tabla 37. Potencial nacional de ahorro de energía térmica en PJ en PyME, 2009**

Potencial de ahorro de energía térmica	Equivalencia PJ
10%	44.77
11%	49.25
12%	53.72
13%	58.20
14%	62.68
15%	67.16

Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos

Estas reducciones de consumo también se pueden presentar desagregadas por tipo de combustible bajo la premisa que en todos los casos se logra el mismo escenario de reducción de consumo (Tabla 38)

**Tabla 38. Reducción de consumo por tipo de combustible**

Energético/año	Consumo por combustible	Ahorros propuestos					
		10%	11%	12%	13%	14%	15%
Bagazo de caña	3.333	0.333	0.367	0.400	0.433	0.467	0.500
Carbón	0.396	0.040	0.044	0.048	0.051	0.055	0.059
Coque de petróleo	33.233	3.323	3.656	3.988	4.320	4.653	4.985
Gas licuado	102.566	10.257	11.282	12.308	13.334	14.359	15.385
Querosenos	0.051	0.005	0.006	0.006	0.007	0.007	0.008
Diesel	133.093	13.309	14.640	15.971	17.302	18.633	19.964
Combustóleo	26.054	2.605	2.866	3.126	3.387	3.648	3.908
Gas seco	148.976	14.898	16.387	17.877	19.367	20.857	22.346
<b>Total</b>	<b>447.702</b>	<b>44.770</b>	<b>49.247</b>	<b>53.724</b>	<b>58.201</b>	<b>62.678</b>	<b>67.155</b>

Fuente: Balance Nacional de Energía, 2009.

## 5.4 Cálculo de la Reducción de Gases Efecto Invernadero (GEI)

Para calcular el potencial de reducción de emisiones vinculado a una disminución en el consumo de combustible como consecuencia de introducir medidas de eficiencia energética, se utiliza la metodología empleada por el Programa GEI México: Combustión estacionaria: Calculation Tool for Direct Emissions from Stationary Combustion, Calculation worksheets. July 2005. Version 3.0

Esta metodología permite estimar las emisiones que se producen por la combustión de diversos combustibles y en consecuencia, las emisiones que se pueden evitar al reducir el consumo de los mismos.

Se requiere conocer la cantidad de combustible equivalente que se deja de consumir, expresada en términos energéticos [Giga Joules] y factores específicos de emisiones de CH<sub>4</sub> y de N<sub>2</sub>O para cada combustible.

### Emisiones por combustión estacionaria para cada combustible

A = Consumo de combustible [GJ]

B = Factor de emisión de CO<sub>2</sub> por cada combustible [kg CO<sub>2</sub> / GJ]

C = CO<sub>2</sub> e por emisiones de CH<sub>4</sub> = D [kg CH<sub>4</sub> / GJ] x ( 0.021 [t CO<sub>2</sub> / kg CH<sub>4</sub>] )

E = CO<sub>2</sub> e por emisiones de N<sub>2</sub>O = E [kg N<sub>2</sub>O / GJ] x (0.31 [t CO<sub>2</sub> / kg N<sub>2</sub>O] )

Así:

$$\text{Emisión en toneladas métricas de CO}_2 \text{ e} = (A \times B / 1,000) + (A \times C) + (A \times E)$$

Los resultados obtenidos en términos de emisiones evitadas se muestran en la Tabla 39. **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

**Tabla 39. Potencial nacional de reducción de GEI por ahorro de energía térmica, 2009**

Potencial de ahorro	Potencial de emisiones factibles de evitar toneladas equivalentes de CO <sub>2</sub> e
10%	2'842,134
11%	3'126,348
12%	3'410,561
13%	3'694,775
14%	3'978,988
15%	4'263,201

Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos

## 5.5 Evaluación económica del potencial de ahorro por energía térmica

Para estimar el impacto económico de los ahorros energéticos se emplearon los precios del mes de julio del año 2011 para la ciudad de México (datos publicados por Pemex). Para el gas seco se utilizó el precio publicado para gas natural con base en el informe anual. La Tabla 40 muestra los precios referidos.

**Tabla 40. Precio unitario de los combustibles en el mes de julio 2011**

Tipo de combustible	Precio unitario	Unidad de cobro
Gas licuado	\$5.56	L
Querosenos	\$8.71	L
Diesel	\$9.68	L
Combustóleo	\$8.70	L
Gas seco	\$54.52	GJ

Fuente: Indicadores petroleros publicados por Pemex

Aunque es complejo hacer un cálculo preciso de los ahorros económicos de energía térmica, en este estudio se utiliza un costo promedio por Peta Joule, el cual se determinó mediante el siguiente procedimiento:

1. El consumo de las PyME fue establecido con datos del Balance Nacional de Energía, utilizando la última publicación disponible (año 2009). Estos valores se expresan en [PJ/año]
2. Posteriormente este valor de consumo se divide en el Poder Calorífico de cada combustible, expresado en [MJ/barril], para obtener barriles por año o litros por año de cada combustible. Para el gas seco se mantuvo el consumo expresado en PJ/año porque el precio del mismo se define por contenido calórico y no por unidad de masa.
3. Se utilizan datos oficiales de la CONUEE para determinar el poder calorífico de los combustibles. Los datos están reportados en MJ/barril y en periodos anuales.
4. Con la obtención de los litros consumidos en un año y el costo promedio del combustible se calculó el equivalente económico para cada combustible.
5. Se construyó el índice de Millones de Pesos / Petajoule [MdP/PJ], del importe económico anual de cada combustible expresado en millones de pesos mexicanos (MdP) y de la cifra del consumo en Petajoules de los mismos.
6. Por último, con los datos que se obtuvieron del proceso anterior y el análisis de cifras históricas de costos de combustibles se determinó el potencial de ahorro económico con medidas de eficiencia energética y la mitigación de GEI.

La Tabla 41 muestra los valores resultantes obtenidos del procedimiento descrito anteriormente:

**Tabla 41. Cálculo del potencial de ahorro económico [millones de pesos, MdP), 2009**

Pymes	Consumo 2009 [PJ]	Poder calorífico [MJ/barril]	Consumo en unidad de cobro	Precio unitario	Costo de combustible [10 <sup>6</sup> \$]	Índice [MdP/PJ]
Gas licuado	102.566	4,248	3,838,982 [I]	5.56 [\$/l]	21,345	208
Querosenos	0.051	5,477	1,480,555 [I]	\$8.71 [\$/l]	13	253
Diesel	133.093	5,692	3,717,812 [I]	\$9.68 [\$/l]	35,988	270
Combustóleo	26.054	6,538	633,616,702 [I]	\$8.70 [\$/l]	5,512	212
Gas seco	148.976	33,913	148,976,000 [GJ]	\$54.52 [\$/GJ]	8,122	54
<b>Total</b>	410.74				Índice ponderado	173

Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos

Por razones de simplicidad en la obtención de la información, quedaron fuera de esta evaluación económica el bagazo de caña, el carbón y el coque de petróleo.

El valor promedio ponderado por su participación en la mezcla de combustibles, del índice resultó en 173 [MdP/PJ]. Aplicando este valor al potencial de ahorro en energía térmica, los ahorros económicos anuales, considerando un 10% de ahorro, serían de 7,745 millones de pesos, y con 15%, de \$11.618 millones de pesos (Véase Tabla 42).

**Tabla 42. Impacto económico por ahorro de energía térmica**

Potencial de ahorro energía térmica	Ahorro calculado en PJ en el año 2009	Impacto económico del ahorro MDP
10%	44.77	7,745
11%	49.25	8,520
12%	53.72	9,293
13%	58.20	10,068
14%	62.68	10,843
15%	67.16	11,618

Fuente: Elaboración propia con base en experiencia.

Tomando el caso de lograr un ahorro del 10% de los consumos actuales, se puede imaginar que las inversiones requeridas buscarán un periodo de recuperación no mayor de 3 años, lo que nos permite estimar el monto de inversiones requeridas. (Tabla 43).

**Tabla 43. Inversión requerida para recuperar ahorros del 10% en un periodo de entre 1 y 3 años**

<b>Monto de la inversión necesaria</b>	<b>Millones de pesos</b>
<b>Recuperable en 1 año</b>	7,745
<b>Recuperable en 2 años</b>	15,490
<b>Recuperable en 3 años</b>	23,235

Fuente: Elaboración propia con base en experiencia.

## 6 Potenciales de ahorro de energía eléctrica y térmica

En la sección anterior quedó establecido el potencial de ahorro de energía eléctrica respecto al año 2009, el cual es de 13,513,826 MWh/año (Tabla 25), equivalente a 48.65 PJ. Si a esta cantidad se le suma el potencial de ahorro de energía térmica (considerando un 10% de reducción del consumo), lo que es igual a 44.77 PJ (Tabla 37), obtenemos como resultado un potencial de ahorro energético de 93.42 PJ, lo que representa alrededor del 2% del consumo energético total nacional<sup>12</sup>. (Tabla 44).

**Tabla 44. Potencial nacional de ahorro de energía en el sector PyME**

Potencial de ahorro de energía respecto al año 2009	PJ (Petajoules)
Por ahorro de energía eléctrica	48.65
Por ahorro de energía térmica	44.77
<b>Potencial de ahorro total</b>	<b>93.42</b>

Fuente: Elaboración propia

### 6.1 Potencial de reducción de emisiones GEI

Como resultado de aplicar acciones de eficiencia energética en la PyME, tanto en el área eléctrica como en la térmica, se estima que existe un potencial de mitigación de GEI de aproximadamente 9.7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e (Véase Tabla 45).

**Tabla 45. Potencial nacional de reducción de GEI, 2009**

Potencial de reducción de emisiones de GEI	2009 t CO <sub>2</sub> e
Por ahorro de energía eléctrica	6,833,942
Por ahorro de energía térmica	2,842,134
<b>Potencial de ahorro total</b>	<b>9,676,076</b>

Fuente: Elaboración propia.

<sup>12</sup> Balance Nacional de Energía 2009: Consumo energético total 4,590,044 [PJ]

## 7 Subsectores PyME relevantes

Los criterios que pueden usarse para definir cuáles son las ramas más interesantes dentro del sector PyME para ahorrar energía, serán siempre cuestionables pues involucran el manejo de gran cantidad de variables que no solamente son energéticas, sino también económicas. La Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (Canacintra) es un organismo privado de carácter gremial con representación en todos los estados del país y agrupa a 97 ramas industriales que pueden considerarse PyME integradas en 12 sectores industriales<sup>13</sup>. En la Tabla 46 se detalla la información:

**Tabla 46. Ramas empresariales de la CANACINTRA**

#	Sector	18 Ramas empresariales	ramas
1	Industria metalmecánica.	Fabricantes de artículos metálicos, juguetes, forjas, galvanoplasta, equipo contra incendios y energías renovables.	18
2	Industria química y para-química.	Sustancias químicas de proceso, pinturas, tintas, parafinas, plásticos, aerosoles, aseo del hogar, diluyentes, agroquímicos, farma-químicos, mantenimiento y limpieza industrial.	13
3	Industria de bienes de capital.	Fabricantes de maquinaria, bombas de fluidos, recipientes de presión, moldes y troqueles para fundición, equipo de construcción y minería, maquinaria agrícola.	8
4	Industrias diversas.	Fabricantes de vidrio, colchones, artículos de piel, llantas, prótesis, artículos dentales, artesanías, verificentros, servicios electrónicos y de limpieza.	13
5	Industria de alimentos, bebidas y tabaco.	Alimentos diversos (sólidos y líquidos) y tabaco.	12
6	Industriales técnicos de servicios.	Servicios automotrices, cerrajeros, reconstructores	3
7	Industria de fabricantes de productos y materiales para la construcción.	Fabricantes de estructuras metálicas, materiales de construcción, concreto, tubería de concreto, muebles de baño.	6
8	Industria elaboradora de artículos de papel, cartón y de escritorio.	Fabricantes de papel, cartón, láminas de cartón, escolares y fotográficos	4
9	Industria mueblería.	Muebles para el hogar, para oficina y cocinas integrales.	4
10	Industria automotriz.	Fabricantes de auto partes, carrocerías, remolques, autobuses, camiones y tractocamiones.	5
11	Industria médica	Fabricantes de material de curación, higiénicos hospitalarios, material de laboratorios, equipos de medicina y reactivos de diagnóstico.	6
12	Industria de tecnología de la informática y las comunicaciones.	Empresas de medios interactivos, desarrolladores de <i>software</i> , informáticas, infraestructura de la información tecnológica y comunicaciones.	5

Fuente: [www.canacintra.org.mx](http://www.canacintra.org.mx)

<sup>13</sup> [www.canacintra.org.mx](http://www.canacintra.org.mx)

## **7.1 Criterios de evaluación**

La experiencia de la GIZ trabajando con el sector PyME, ha demostrado que cualquiera que sea la metodología empleada y los criterios que se seleccionan para realizar la priorización de subsectores, la primera condición que debe observarse es la de contar con una verdadera voluntad de participación de los actores involucrados. Sean estos empresarios, cámaras, asociaciones, etc., el asegurar su involucramiento y compromiso permite estar cerca de poder asegurar el éxito de la iniciativa.

Para identificar las ramas más atractivas para realizar proyectos de eficiencia energética, se establecieron tres temas de evaluación:

- energía eléctrica,
- energía térmica,
- entorno energético.

Para cada tema de evaluación se definieron los parámetros más sobresalientes a ser evaluados en cada subsector PyME.

- Parámetros de evaluación: energía eléctrica
  - intensidad de consumo,
  - demanda de potencia,
  - turnos de trabajo,
  - diversidad de sistemas energéticos,
  - impacto sobre costos de producción
  - complejidad de aplicaciones;
  
- Parámetros de evaluación: energía térmica
  - intensidad de consumo
  - combustibles usados
  - turnos de trabajo}
  - diversidad de sistemas energéticos
  - impacto sobre costos de producción
  - complejidad de aplicaciones
  
- Parámetros de evaluación: entorno energético
  - cantidad de empresas semejantes
  - efecto multiplicador
  - crecimiento económico
  - estabilidad productiva
  - necesidad de impulso

La evaluación sobre la importancia de los parámetros para cada subsector, consiste en la asignación de una calificación del 1 a 5 a cada parámetro, en la cual 5 corresponde al valor máximo que puede obtener el parámetro, es decir, el parámetro evaluado es muy importante. La numeración va descendiendo según el nivel de importancia, de tal manera que 1 significa poco o nada importante.

### 7.1.1 Evaluación subsectores relevantes - energía eléctrica

Los parámetros de evaluación para energía eléctrica mencionados en el apartado anterior, se describen a continuación:

- **Intensidad de consumo:** Se refiere a la energía consumida (en kWh) por los sistemas energéticos que caracterizan al tipo de sector evaluado. Donde 5 significa que es un gran consumidor de energía eléctrica y 1 significa que consume poca electricidad. Por ejemplo, la rama metalmeccánica resulta con 5, porque sus equipos principales son molinos y hornos de inducción de gran potencia, además son usados por tiempos prolongados, lo que produce un gran consumo eléctrico; en contraste, en el sector mueblero, las operaciones son de corte de madera y de soplado que no necesariamente son continuas y el consumo energético no es alto.
- **Demanda de potencia:** Se evalúa la solicitud de potencia eléctrica instantánea que pudieran hacer los principales sistemas energéticos, 5 es para las ramas que se caracterizan por contar con equipos de gran potencia, 1 para las que utilizan equipos de baja potencia.
- **Turnos de trabajo:** 5 se asigna a las ramas que se caracterizan por trabajar jornadas continuas incluyendo sábados y domingos, 1 es para las que trabajan de lunes a viernes, sólo en un turno.
- **Diversidad de sistemas energéticos:** Los sistemas energéticos son motores de proceso productivo, aire comprimido, iluminación, aire acondicionado, refrigeración, bombeo, cómputo y oficina y otro. Se valora con 5 a las ramas que integran todos los sistemas energéticos y 1 a las que integra tres o menos sistemas energéticos.
- **Impacto sobre costos de producción:** Se valora qué tan alto es el costo por energía eléctrica respecto a otros costos productivos dentro de la misma rama.
- **Complejidad de aplicaciones:** Se valora qué tan complejo será ejecutar un diagnóstico energético en la rama, así como hacer una sustitución de equipos para aprovechar mejor la energía. Por ejemplo, en una empresa con producción continua es difícil realizar un paro de planta para hacer un cambio tecnológico, normalmente hay que esperar hasta una fecha programada por planta. Igualmente, para realizar cierto tipo de mediciones hay que seguir protocolos que permitan hacer el trabajo en corto tiempo. En este caso, se asigna 5 a una empresa donde es fácil hacer aplicaciones y 1 a la que representa mayor complejidad.

La Tabla 47 muestra las evaluaciones de cada subsector PyME para el área de energía eléctrica.

**Tabla 47. Evaluación de criterios por rama empresarial de energía eléctrica**

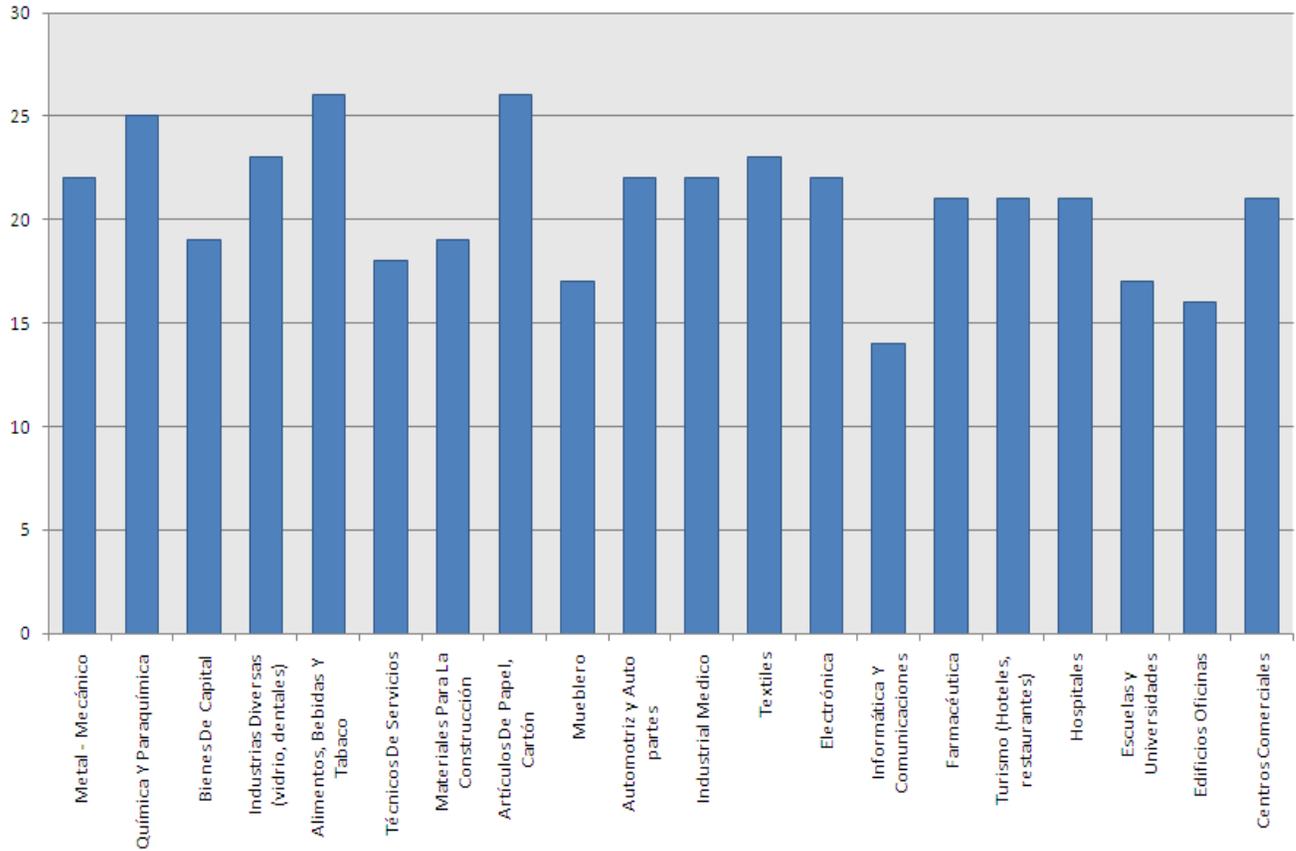
Ramas empresariales	Intensidad de consumo	Demanda de potencia	Turnos de trabajo	Diversidad de sistemas energéticos	Impacto sobre costos de producción	Complejidad de aplicaciones	Total
Metalmecánico	4	5	4	3	4	2	22
Química y paraquímica	4	4	5	5	3	4	25
Bienes de capital	3	4	3	3	3	3	19

Ramas empresariales	Intensidad de consumo	Demanda de potencia	Turnos de trabajo	Diversidad de sistemas energéticos	Impacto sobre costos de producción	Complejidad de aplicaciones	Total
Industrias diversas (vidrio, dentales)	4	4	5	3	4	3	23
Alimentos, bebidas y tabaco	4	4	5	5	4	4	26
Técnicos de servicios	2	2	3	3	3	5	18
Materiales para la construcción	3	3	3	3	3	4	19
Artículos de papel, cartón	5	4	5	4	4	4	26
Mueblero	3	3	2	3	3	3	17
Automotriz y auto partes	4	4	5	3	3	3	22
Industrial médico	3	4	5	4	4	2	22
Textiles	4	3	5	3	4	4	23
Electrónica	4	5	5	5	2	1	22
Informática y comunicaciones	3	3	2	2	2	2	14
Farmacéutica	4	4	5	4	3	1	21
Turismo (hoteles, restaurantes)	3	3	5	4	2	4	21
Hospitales	4	3	5	3	3	3	21
Escuelas y universidades	3	2	2	3	2	5	17
Edificios oficinas	3	2	2	2	2	5	16
Centros comerciales	3	3	5	3	2	5	21

Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos.

Como puede observarse en la Figura 10, la evaluación muestra que los subsectores PyME relevantes para la parte eléctrica son: Artículos de papel y cartón, Alimentos, bebidas y tabaco, Química y petroquímica y Textiles.

Figura 10. Evaluación de criterios eléctricos



Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos.

## 7.1.2 Evaluación subsectores relevantes: energía térmica

Los parámetros para la evaluación de los subsectores relevantes para llevar a cabo acciones de eficiencia energética en el área térmica son los siguientes:

- **Intensidad de consumo:** Se refiere al volumen de energía consumida (metros cúbicos, litros, kilocalorías, etc.) por los sistemas energéticos que caracterizan al tipo de subsector evaluado. 5 representa un gran consumidor y 1 significa poco consumo. Por ejemplo, la rama química resulta con 5 dado que sus equipos principales son calderas, secadores, hornos de capacidad considerable, además de ser usados por tiempos prolongados. En contraste, las empresas informáticas tienen 1 porque no utilizan energía térmica derivada de combustibles.
- **Combustibles usados:** Se evalúa el tipo de empresa por la diversidad de combustibles utilizados, por ejemplo, 5 será para las que utilizan más de cuatro combustibles (Diesel, combustóleo, gas LP, gas natural, material flamable de desperdicio) y 1 para las que solo utilizan un combustible.

- **Turnos de trabajo:** Se asigna 5 a las ramas que se caracterizan por trabajar tiempo corrido —incluyendo sábados y domingos— y 1 es para las que trabajan de lunes a viernes un solo turno.
- **Diversidad de sistemas energéticos:** Los sistemas energéticos son calderas, proceso productivo, intercambiadores de calor, secadores, quemadores a fuego directo, generadores de agua caliente. Se valora con 5 a las ramas que integra todos los sistemas energéticos y con 1 a la que utiliza solo algunos sistemas energéticos.
- Impacto sobre costos de producción, se valora qué tan alto es el costo por energía térmica respecto a otros costos productivos dentro de la misma rama.
- **Complejidad de aplicaciones:** Se valora qué tan complejo será ejecutar un diagnóstico energético en la rama, así como hacer una sustitución de equipos para aprovechar mejor la energía. Por ejemplo, en una empresa con producción continua es difícil realizar un paro de planta para hacer un cambio tecnológico, normalmente hay que esperar hasta una fecha programada por planta. Igualmente para realizar cierto tipo de mediciones hay que seguir protocolos que permitan hacer un trabajo en corto tiempo. En este caso se asigna 5 a una empresa dónde es fácil hacer aplicaciones y 1 a la que es más difícil.

Con base al análisis de los parámetros anteriores el resultado que se obtuvo se muestra en la Tabla 48 y Figura 11. Los subsectores con mayor relevancia son Alimentos, bebidas y tabaco, Química y para química, Artículos de papel y cartón, y Hospitales.

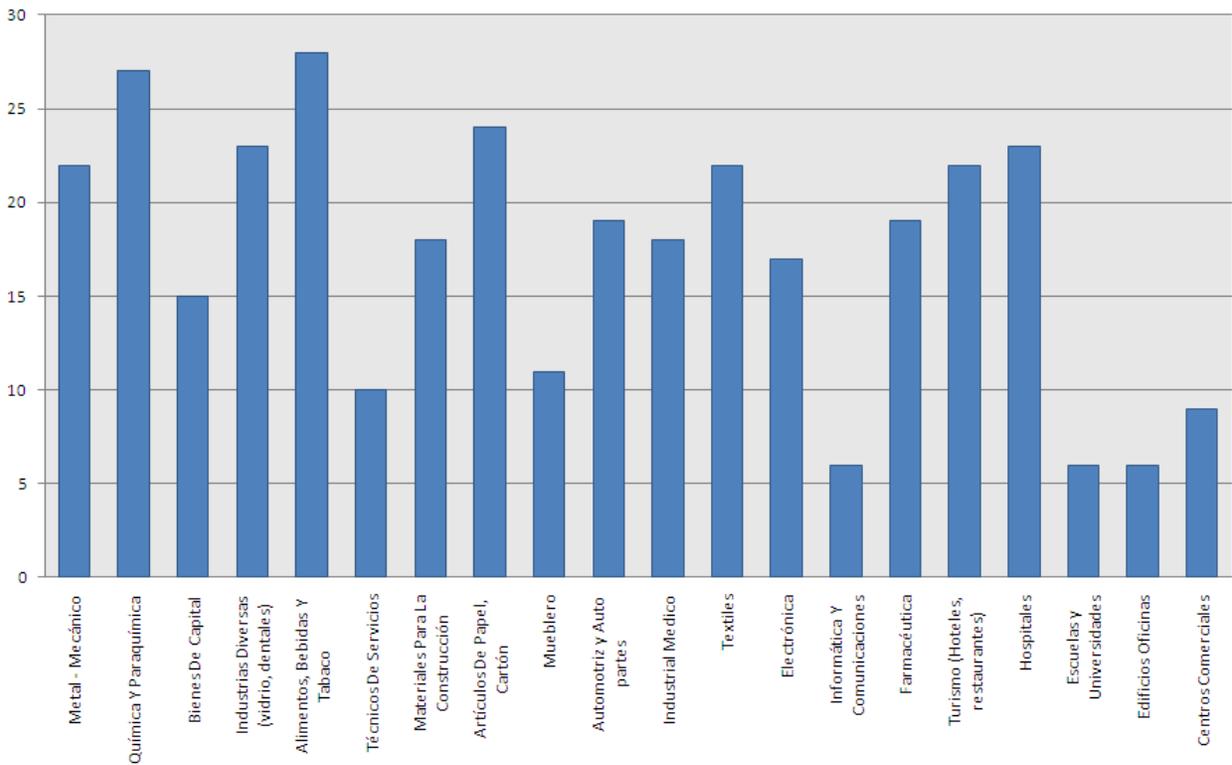
**Tabla 48. Evaluación de criterios por rama empresarial de energía térmica**

Ramas empresariales	Intensidad de consumo	No. de combustibles usados	Turnos de trabajo	Diversidad de sistemas energéticos	Impacto sobre costos de producción	Complejidad de aplicaciones	Tipo de contaminación	Total
Metalmecánico	5	1	4	2	5	3	2	22
Química y paraquímica	5	3	5	4	3	4	3	27
Bienes de capital	2	1	3	2	2	3	2	15
Industrias diversas (vidrio, dentales)	5	2	4	3	3	2	4	23
Alimentos, bebidas y tabaco	5	3	5	5	3	4	3	28
Técnicos de servicios	2	1	3	1	1	1	1	10
Materiales para la construcción	2	2	3	3	1	3	4	18
Artículos de papel, cartón	4	2	5	4	2	4	3	24
Mueblero	2	1	2	3	1	1	1	11
Automotriz y autopartes	4	1	5	3	2	3	1	19
Industrial médico	3	1	5	4	1	3	1	18
Textiles	4	2	5	5	1	4	1	22
Electrónica	3	2	5	2	2	2	1	17

Ramas empresariales	Intensidad de consumo	No. de combustibles usados	Turnos de trabajo	Diversidad de sistemas energéticos	Impacto sobre costos de producción	Complejidad de aplicaciones	Tipo de contaminación	Total
Informática y comunicaciones	1	1	2	1	1	0	0	6
Farmacéutica	4	2	5	4	1	2	1	19
Turismo (hoteles, restaurantes)	3	2	5	3	3	4	2	22
Hospitales	4	2	5	3	3	4	2	23
Escuelas y universidades	1	1	2	1	1	0	0	6
Edificios oficinas	1	1	2	1	1	0	0	6
Centros comerciales	1	1	5	1	1	0	0	9

Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos.

Figura 11. Evaluación de criterios para energía térmica



Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos.

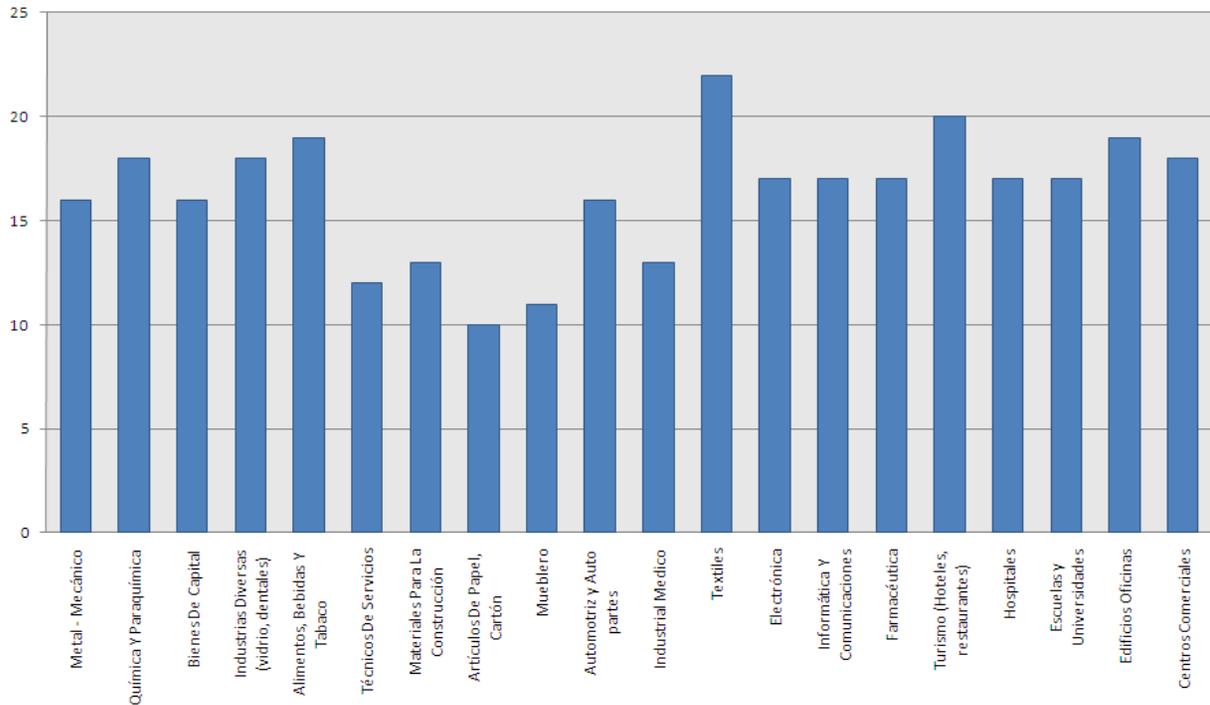
### 7.1.3 Evaluación del entorno energético

En esta sección se evaluó el entorno energético, involucrando conceptos relacionados con la conveniencia de realizar acciones que incentiven la eficiencia energética en las PyME. Los aspectos evaluados son: cantidad de empresas semejantes, efecto multiplicador, crecimiento económico, estabilidad productiva, necesidad de impulso, capacidad económica. Al igual que en las evaluaciones anteriores, cada parámetro se califica en una escala del 1 al 5.

- Cantidad de empresas semejantes: En este caso se otorga 5 a la rama que incluya la mayor cantidad de empresas semejantes —como en el caso de la rama de alimentos que incluye muchísimas empresas dedicadas a esta actividad—.
- Efecto multiplicador: A la rama empresarial donde las acciones de eficiencia energética pueden replicarse en gran medida se le otorga 5, y donde las aplicaciones serían difícil de replicarse se le asigna 1.
- Crecimiento económico: Una rama empresarial que va con tendencias claras de desarrollo económico recibe 5 y de ahí va decreciendo la ponderación hasta llegar a 1.
- Estabilidad productiva: Existen ramas productivas muy sensibles a la situación económica y que dejan de producir según las circunstancias nacionales e internacionales. Ejemplo de lo anterior es el paro de un gran número de líneas de producción en las fábricas debido a la coyuntura económica del año 2008. Se asigna 5 a las ramas que a pesar de las circunstancias siguen trabajando, en contraste 1 lo recibe la rama que puede hacer paros totales por días o semanas.
- Necesidad de impulso: La experiencia en el trabajo de campo muestra que existen empresas que realizan proyectos de eficiencia energética porque viven ya en una dinámica de mejora continua, ya sea porque sus principales clientes exigen el cumplimiento de normas especiales como la ISO 9000 o 14000, o bien porque pertenecen a un corporativo, o bien porque el mercado internacional requiere un compromiso en el mismo sentido. Por ejemplo, algunas empresas farmacéuticas deben mostrar con evidencias que hacen medidas continuas de ahorro energético, estas empresas no requieren impulso porque ya lo tiene, a éstas se les asignó 1, y 5 a las que no realizarán mejoras —a menos que estén convencidas—.

Con respecto a la evaluación para valorar la conveniencia de realizar actividades que incentiven la eficiencia energética y obtener un efecto multiplicador, se obtuvieron los resultados mostrados en la Figura 12 y Tabla 49. De acuerdo a este criterio, los subsectores o ramas relevantes son Textiles, Hoteles, Edificios y oficinas y Alimentos, bebidas y tabaco.

**Figura 12. Evaluación del entorno energético**



Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos

**Tabla 49. Evaluación de criterios referentes al entorno energético**

Ramas empresariales	Cantidad de empresas semejantes	Efecto multiplicador	Crecimiento económico	Estabilidad productiva	Necesidad de impulso	Total
Metalmecánico	5	4	3	3	1	16
Química y paraquímica	5	4	4	3	2	18
Bienes de capital	2	3	3	3	5	16
Industrias diversas (vidrio, dentales)	5	2	3	3	5	18
Alimentos, bebidas Y tabaco	3	4	5	4	3	19
Técnicos de servicios	1	2	4	3	2	12
Materiales para la construcción	2	2	4	3	2	13

Ramas empresariales	Cantidad de empresas semejantes	Efecto multiplicador	Crecimiento económico	Estabilidad productiva	Necesidad de impulso	Total
Artículos de papel, cartón	1	1	4	3	1	10
Mueblero	1	1	3	3	3	11
Automotriz y auto partes	1	4	5	3	3	16
Industrial médico	2	2	3	4	2	13
Textiles	5	4	5	3	5	22
Electrónica	3	4	4	5	1	17
Informática y comunicaciones	5	1	5	5	1	17
Farmacéutica	3	3	5	5	1	17
Turismo (hoteles, restaurantes)	5	3	3	4	5	20
Hospitales	4	2	5	4	2	17
Escuelas y universidades	4	2	5	4	2	17
Edificios oficinas	4	3	3	4	5	19
Centros comerciales	4	3	5	4	2	18

Fuente: elaboración propia con base en análisis y estudios previos

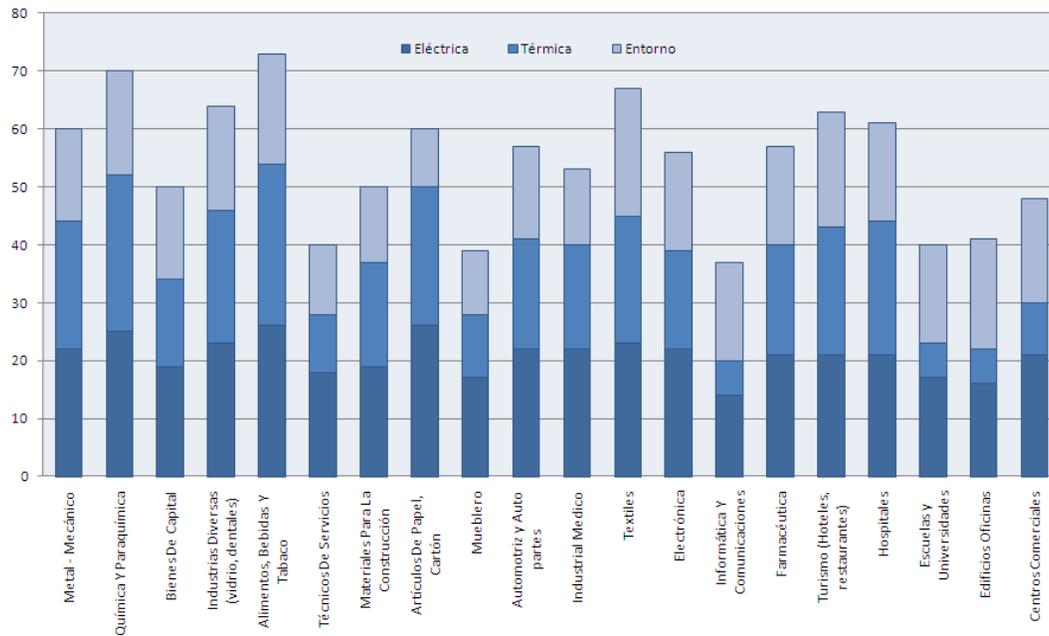
#### 7.1.4 Subsectores PyME relevantes de acuerdo a la integración de criterios

Resultado de la integración de los criterios anteriores, se identifican en la Figura 13 las ramas en que sería factible desarrollar proyectos de ahorro de energía térmica y eléctrica, y que además coadyuvarían a fortalecer las capacidades económicas de las PyME.

De acuerdo a la gráfica anterior, las ramas más interesantes y con mayor puntaje en la evaluación de criterios son las siguientes (Véase Tabla 50):

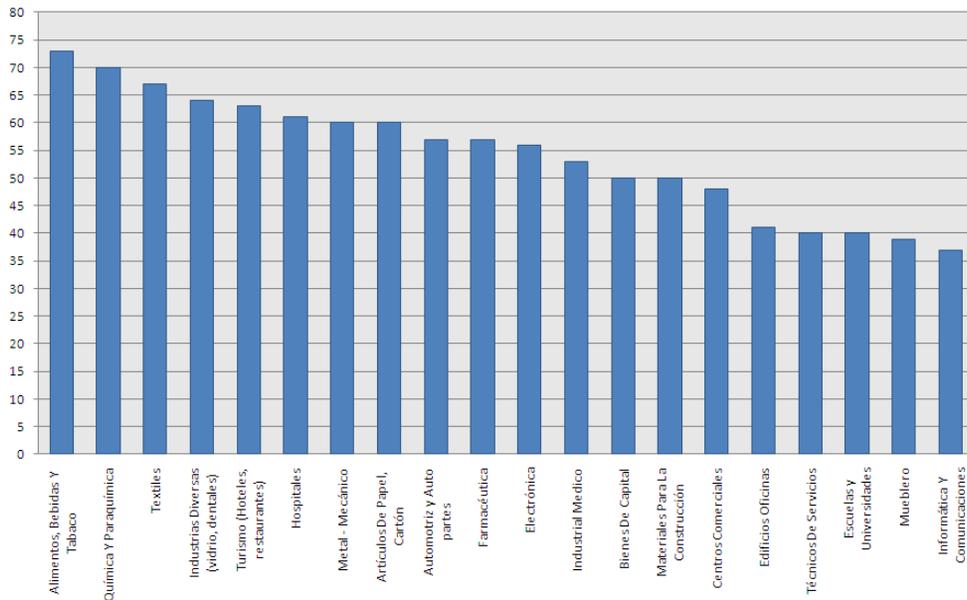
- En primer lugar todas las que se dedican a producir, procesar y preparar alimentos y bebidas.
- En segundo lugar, la rama empresarial química.
- En tercer lugar, el ramo textil.
- Posteriormente, las industrias diversas del vidrio, plástico, dentales.
- Y en quinta posición, las distintas ramas del sector turismo, entre ellas el sector hotelero.

**Figura 13. Integración de criterios para la evaluación de las ramas**



Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos

**Figura 14. Ramas PyME de acuerdo a los criterios de relevancia**



Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos

**Tabla 50. Evaluación integrada de criterios**

<b>Rama empresarial</b>	<b>Total</b>
Alimentos, bebidas y tabaco	73
Química y para-química	70
Textiles	67
Industrias diversas (vidrio, dentales)	64
Turismo (hoteles, restaurantes)	63
Hospitales	61
Metalmecánico	60
Artículos de papel, cartón	60
Automotriz y autopartes	57
Farmacéutica	57
Electrónica	56
Industrial médico	53
Bienes de capital	50
Materiales para la construcción	50
Centros comerciales	48
Edificios oficinas	41
Técnicos de servicios	40
Escuelas y universidades	40
Mueblero	39
Informática y comunicaciones	37

Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos.

## 8 Experiencias de mitigación y eficiencia energética en PyME

### 8.1 Barreras para la implementación de eficiencia energética en PyME

Existe una extensa gama de información sobre las barreras e impedimentos existentes para el desarrollo cabal de las PyME en México. El presente documento no pretende analizar el conjunto total de barreras para el crecimiento y desarrollo económico de las PyME, sino únicamente aquellas que están directamente relacionadas con la consecución e implementación de cualquier tipo de medida y acción de eficiencia energética.

En este sentido, y con base tanto en las opiniones recabadas en diferentes reuniones llevadas a cabo con representantes de la CANACINTRA, como la recopilación de información sobre barreras contenida en la literatura nacional e internacional, se procedió a agrupar las mismas en las siguientes categorías:

- De “permanencia”.

El sector PyME en México es un sector inestable, con alta incertidumbre en términos de sus ingresos y operación exitosa, así como el giro empresarial o productivo que toman las empresas. Según datos del Centro de Estudios Económicos de la CANACINTRA, el 70% de las PyME en México no tienen una permanencia mayor a los dos años, ello porque han desaparecido o porque han cambiado de giro empresarial.

- De información

Los datos de los censos económicos para determinar la clasificación de las PyME son generales y el nivel de detalle de la información está marcado, por un lado, por la incertidumbre que genera actualizar información sobre “permanencia” de las PyME (apartado anterior), así como tener datos recientes que permitan delimitar el universo real de número de empresas, y rama o giro empresarial al que se dedican. A esto se agrega que existe, según información de los representantes de CANACINTRA, una proporción importante de empresas PyME que operan en la informalidad.

Por otro lado y con el fin de elaborar una línea base de uso final de energía, estos mismos censos económicos, junto con la información contenida en los balances nacionales de energía, no permiten tener información que indique el consumo de combustibles fósiles por parte del sector PyME.

De igual forma, la información desagregada por usuarios de energía eléctrica generada por la Comisión Federal de Electricidad presenta cierto nivel de incertidumbre en tanto que está basada en el registro de usuarios que contratan el servicio público de energía eléctrica.

Finalmente, la desconfianza por parte de las PyME sobre el uso que se hará de la información que proporcionen a las autoridades representa una barrera adicional para obtener información confiable.

- De gestión y administración

En primer lugar, existe un problema asociado con la administración y gestión de las PyME, en virtud de su tamaño y la poca capacidad y experiencia que tienen en sus procesos administrativos. El no poder identificar las fallas y oportunidades administrativas que inciden en la forma de utilizar la energía, sea eficiente o ineficientemente, ocasiona que esta sea un área que ni siquiera sea considerada. Asimismo, las medidas de eficiencia energética que lleguen a ser implementadas pueden no ser las correctas, al no ser evaluadas por especialistas (empresas de consultoría cuyos costos son demasiado altos para las PyME).

Por otro lado, el alcance de los programas de apoyo gubernamental aún no ha llegado al punto de llevar de la mano cualquier proyecto de inversión en las PyME (y mucho menos proyectos de eficiencia energética), pues sus objetivos se limitan frecuentemente a proporcionar financiamiento a tasas preferentes y ofrecer capacitación durante las etapas tempranas de desarrollo de las empresas. La gran cantidad de trámites y procesos burocráticos asociados a estos esquemas de apoyo a las PyME constituye una barrera adicional.

- De capacitación y desarrollo tecnológico

La obtención de información sobre mejores prácticas en el uso de energía, herramientas tecnológicas o métodos de medición son barreras naturales que las PyME enfrentan no sólo por su tamaño sino porque no existe una oferta suficientemente efectiva de capacitación ni el interés por conocer sobre estos temas.

Por el otro lado y de acuerdo con dos estudios de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), existen obstáculos estructurales como son la baja inversión en la investigación y desarrollo, y un sistema educativo deficiente que no produce el capital humano requerido para fomentar la creación de proyectos innovadores y de alto valor agregado como son las medidas de eficiencia energética<sup>14</sup>. Como evidencia de ello, en el 2005 México invirtió 0.5% del PIB en investigación y desarrollo, en comparación con un promedio del 2.3% en los países miembros de la OCDE<sup>15</sup>. Una proporción más pequeña de este porcentaje se invirtió en la investigación y desarrollo de medidas de eficiencia energética para el sector industrial en general.

- De financiamiento

El difícil acceso a financiamiento para inversiones de cualquier tipo hace más evidente la carencia de mecanismos específicos que permitan a las PyME obtener financiamiento para realizar inversiones en equipos, sistemas eficientes o medidas de ahorro de energía.

Por otro lado, la oferta de financiamiento para medidas de eficiencia energética por parte de la banca comercial es limitada dada la inexistencia de criterios para evaluar este tipo de proyectos, lo que dificulta el acceso (particularmente para inversiones elevadas). En muchos casos estos recursos se limitan a iniciativas gubernamentales y a fondos públicos, que como el FIDE, otorgan incentivos y financiamiento para la compra de equipos eficientes y proporcionan asistencia técnica que puede reducir la necesidad de financiamiento o inversiones mayores. Lamentablemente los trabajos del FIDE se orientan exclusivamente al

---

<sup>14</sup> OECD, *SMEs in Mexico: Issues and Policies*. 2007, OECD. Paris.

<sup>15</sup> OECD, *Science, Technology and Industry Outlook 2008*. 2008, OECD. Paris.

uso de la energía eléctrica, dejando de lado todas aquellas aplicaciones vinculadas al empleo de energía térmica que tienen aún mayor potencial de mejora una alta incidencia en el consumo de combustibles.

- De vinculación

La revisión de los programas existentes permite advertir una barrera que adquiere diferentes dimensiones:

- La primera dimensión está delimitada por la falta de vinculación que existe entre las PyME y los centros de investigación y desarrollo de las universidades e instituciones de educación superior.
- Por otro lado, no existe una relación cercana de las PyME con los proveedores de productos y servicios de eficiencia energética, ni existen los mecanismos efectivos para que esto ocurra.
- Finalmente, los programas de apoyo para PyME son diseñados y estructurados sin tomar en cuenta en la mayoría de las ocasiones las necesidades que puedan tener éstas, o incluso sin incluir la opinión de las cámaras y asociaciones.

## **8.2 Experiencia internacional sobre eficiencia energética en PyME**

El análisis de medidas de mitigación en la pequeña y mediana empresa, y en particular mediante acciones de eficiencia energética, es un tema que ha sido analizado desde varios puntos de vista y con diferentes alcances en diversos programas, proyectos e iniciativas de carácter nacional y regional.

En este sentido, de la revisión de literatura nacional e internacional se desprende que existen un número importante de iniciativas y proyectos que han mostrado las oportunidades que existen para la aplicación de medidas de eficiencia energética en las PyME. Sin intención de incluir en este informe una revisión exhaustiva de estas experiencias, a continuación se muestran algunas iniciativas y programas, con esquemas que pueden ser replicados en diversas ramas de la actividad PyME en México.

### **Internacionales**

#### **8.2.1 Programa “ENGINE” de eficiencia energética en pequeñas y medianas empresas de la Unión Europea<sup>16</sup>**

ENGINE es un programa encaminado a apoyar a los 23 millones de pequeñas y medianas empresas (PYME) de la Unión Europea para ser más eficientes. El programa es implementado por 8 socios en Austria, Alemania, Italia, Suecia y el Reino Unido, con los siguientes objetivos:

- Motivar a las PyME a implementar medidas de eficiencia energética.
- Promover servicios energéticos y conceptos de financiamiento de innovación.

---

<sup>16</sup> ENGINE, Energy Efficient Technologies for Industry and Best Practice. 2010, ENGINE, p. 30.

- Capacitar a los auditores energéticos y generar grupos de expertos en el tema.
- Acelerar la introducción al mercado de los servicios energéticos para las PyME.
- Comunicar las acciones de eficiencia energética a tomadores de decisión y actores de proceso relevantes.
- Divulgar y transferir conceptos y medidas exitosas.

Las auditorías y encuestas llevadas a cabo como parte de esta iniciativa consideran a las PyME en los siguientes sectores:

- Metal-mecánico
- Forestal
- Partes automotrices
- Industria de procesamiento de alimentos

La iniciativa también considera algunas otras medidas de eficiencia energética cuya aplicación puede estar relacionada con las PyME aunque no se trate de sus procesos productivos intensivos en el uso de energía.

La iniciativa ENGINE incluye 56 auditorías energéticas, comprendiendo las siguientes etapas:

- Estatus quo: inspección del sitio, recolección de información, enfoque de identificación, entrevistas.
- Preparación de informes: descripción de las empresas, análisis de información, comparación de usos finales de energía.
- Evaluación: Estimación de los potenciales de ahorro.
- Propuestas: Planes de implementación y pasos a seguir.

## 8.2.2 Centro de Eficiencia Energética de Gas Natural Fenosa<sup>17</sup>

El Manual de Eficiencia Energética para PyME de la Central de Eficiencia Energética de Gas Natural Fenosa, analiza en profundidad varios sectores y muestra las mejoras tecnológicas, productivas y de gestión que requiere cada uno. Los sectores considerados en el Manual son:

- Fabricación de productos de cerámicos para la construcción.
- Fabricación de productos de panadería y pastas alimenticias.
- Servicios: hoteles y restaurantes, comercios, centros docentes y culturales, y centros deportivos.
- Industria textil.
- Fabricación de aceites y grasas vegetales y animales.
- Fabricación de productos de plástico.
- Industria de la madera y del corcho.
- Fabricación y envasado de productos alimenticios.
- Fabricación de componentes, piezas y accesorios para vehículos a motor.
- Industria del cuero y del calzado.
- Avicultura (granjas avícolas).

Las tecnologías cubiertas en el Manual se pueden clasificar en dos grandes grupos:

---

<sup>17</sup> Fenosa, G.N., *Manual de eficiencia energética para PyME*, C.d.E.E.d.G.N. Fenosa, Editor. 2009. p. 460.

- Medidas basadas en tecnologías horizontales (transversales) y buenas prácticas de servicios, que son de aplicación multisectorial.
- Medidas en procesos productivos y nuevos procesos, que son sectoriales.

Las tecnologías horizontales que forman parte del Manual, son comunes a las diferentes actividades, tanto manufactureras como de servicios, y entre ellas podemos citar:

- Mejoras en la combustión.
- Sustitución por gas natural.
- Recuperación del calor de los gases de combustión.
- Reducción de la presión de vapor.
- Alumbrado mediante balastos electrónicos fluorescentes.
- Alumbrado de bajo consumo.
- Monitoreo y control de la central de frío.
- Aislamiento térmico.
- Mejoras de los sistemas electromecánicos.

### **8.2.3 Programa ENERGY STAR® para identificar ahorros de energía en plantas del sector manufacturero<sup>18</sup>**

En el marco del Programa Energy Star de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés), se elaboró una Guía para identificar ahorros de energía en plantas del sector manufacturero con la intervención del Laboratorio Nacional Lawrence de Berkeley. En este trabajo, se analizan prácticas de eficiencia energética y tecnologías asociadas que pueden ser aplicadas a un espectro amplio de empresas, incluyendo las pequeñas y medianas.

Las estrategias consideradas en la Guía incluyen:

- Calentamiento de agua y sistemas de vapor.
- Bombeo de agua.
- Motores eléctricos.
- Sistemas de aire comprimido.
- Iluminación.
- Sistemas de refrigeración.
- Sistemas de acondicionamiento de aire.

En este sentido, la guía establece lineamientos para el análisis de los costos y ahorros de energía esperados, aplicaciones en tiempo real, periodos típicos de retorno de inversión y referencias a información tecnológica y de programas implementados en los Estados Unidos por parte de la EPA y/o del Departamento de Energía (DOE, por sus siglas en inglés).

---

<sup>18</sup> Ernst Worrell, T.A., and Eric Masanet, *Managing Your Energy: An ENERGY STAR® Guide for Identifying Energy Savings in Manufacturing Plants*, E.E.T. Division, Editor. 2010, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory: Berkeley, California.

## 8.2.4 Estudio sobre mitigación de gases de efecto invernadero en pequeñas y medianas empresas de Asia<sup>19</sup>

Este informe, elaborado por el Instituto Asiático de Tecnología, presenta una investigación llevada a cabo para estimar emisiones de gases de efecto invernadero y presenta estrategias para su mitigación en sectores PyME seleccionados. Presenta breves antecedentes de las emisiones de las PyME con una revisión de los indicadores y sistemas de reporte a partir de las Guías del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC).

Asimismo, analiza las políticas actuales de promoción de la eficiencia energética en cinco países y establece una metodología para la estimación y análisis de los sectores PyME. A causa del gran número de sectores PyME identificados, en el caso de China e India el análisis es somero, mientras que para Vietnam, Sri Lanka y las Filipinas los sectores PyME se analizaron en detalle.

Finalmente, el estudio muestra enfoques interesantes para implementar medidas de mitigación en estos sectores, con análisis de sensibilidad y escenarios de reducción de emisiones en un horizonte de tiempo.

## Nacionales

### 8.2.5 Programas de eficiencia energética empresarial del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica<sup>20</sup>

Los programas implementados por el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) han sido diseñados para proveer incentivos que promuevan la sustitución de equipos ineficientes por otros de alta eficiencia energética. Los programas consisten en incentivar la compra de equipos y sistemas de alta eficiencia que cumplen con los más exigentes estándares internacionalmente, particularmente aquellos de Estados Unidos, a través de financiamiento directo a la micro, pequeña y mediana empresa para facilitar este cambio. Las tecnologías promovidas han incluido:

- Motores eléctricos de alta eficiencia
- Variadores de velocidad
- Bombas
- Aire acondicionado
- Aire comprimido
- Refrigeración
- Control de la demanda
- Automatización y monitoreo remoto
- Unidades generadoras de agua helada
- Ventilación
- Transformadores
- Lámparas fluorescentes lineales T-5, T-8
- Lámparas de vapor de sodio de alta presión
- Lámparas fluorescentes compactas
- Balastos electrónicos
- Diodos emisores de luz (LED)
- Sensores de presencia
- Reflectores especulares
- Equipos de proceso
- Aislamiento térmico
- Nuevas tecnologías (paneles fotovoltaicos, micro-cogeneración, etc.)

---

<sup>19</sup> S. Kumar, C.V., Peng, S., R. Rudramoorthy, Herrera, A.B., Senanayake, G., Son, L.D., *Greenhouse Gas Mitigation in Small and Medium Scale Industries of Asia*, Asian Institute of Technology, Ed. 2005: Pathumthani, Tailandia.

<sup>20</sup> FIDE. *Consejos de Ahorro de Energía Eléctrica: Pequeña y Mediana Empresa*. 2011 [citado 2011 Marzo]; Disponible en: [http://fide.codice.com/home/interior.asp?cve\\_sub=30](http://fide.codice.com/home/interior.asp?cve_sub=30).

Desde su creación en 1989 el FIDE ha financiado poco más de 4,300 proyectos, de los cuales poco más de 1,800 se implementaron en MiPyME, con ahorros promedio del 32% de su facturación eléctrica y recuperación de la inversión de los equipos eficientes de 2.5 años en promedio.<sup>21</sup> Los potenciales de ahorro de energía de los proyectos realizados por el FIDE con una demanda eléctrica menor de 300 kW por tipo de tecnología se muestran en la Tabla 51.

**Tabla 51. Potenciales de ahorro por proyectos desarrollados en el FIDE**

Acción correctiva	% Participación	Ahorro promedio mensual			
		kW	kWh	\$	% Ahorro
<b>Refrigeración comercial</b>	48.03%	8.71	4,389.48	7,350.63	40
<b>Aire acondicionado</b>	29.13%	8.85	1,998.12	4,025.10	35
<b>Compresores de aire</b>	14.96%	15.34	4,368.01	10,044.35	30
<b>Iluminación</b>	4.33%	7.72	2,120.00	4,505.44	35
<b>Motores eléctricos</b>	1.97%	16.05	5,471.76	7,415.78	12
<b>Cambio de tarifa</b>	1.57%	0.00	0.00	10,293.09	40
<b>PROMEDIO</b>	<b>100.00%</b>	<b>9.44</b>	<b>3,057.89</b>	<b>7,272.40</b>	<b>32 %</b>

Fuente: Plan de Negocios 2010, Programa de Apoyo a PyME, FIDE 2010.

De manera general, las acciones emprendidas por el FIDE han permitido identificar un potencial de entre 20% y 30% de ahorro de energía eléctrica en el consumo de energía de las PyME en México.

Una medida adicional que se ha considerado para reducir el consumo pero que no tiene que ver necesariamente con medidas y acciones desarrolladas por el FIDE, es la recomendación de cambiar de tarifa eléctrica, de 2 y 3 a OM y HM.

## 8.2.6 Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía<sup>22</sup>

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), antes conocida como CONAE, ha realizado un conjunto de acciones para promover la eficiencia energética en PyME. En particular, ofreció a estas empresas algunas guías para el ahorro de energía que servirán de apoyo para evaluaciones energéticas en sus instalaciones. Estas guías están referidas a los siguientes temas:

- **Recomendaciones para sistemas de generación y distribución de vapor y calor**
  - Eficiencia en calderas y combustión

<sup>21</sup> FIDE, *Plan de Negocios 2010: Programa de Apoyo a PyME*. 2010, FIDE. p. 13.

<sup>22</sup> Conuee. *Sección de PyME*. 2010. Disponible en: <http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/Recomendacion?page=5>.

- Recuperación de calor de proceso
- Tipos de trampas de vapor
- Bases para el ahorro de energía en calderas y sistemas de vapor
- Tratamiento de agua para su utilización en calderas
- Beneficios del aislamiento térmico en la industria
- Consejos para ahorrar energía en sistemas de vapor
- **Recomendaciones para el uso eficiente de la energía eléctrica**
  - Aire comprimido
  - Motores eléctricos
  - Iluminación eficiente para comercios
- **Medición, monitoreo y registro del consumo y demanda de energía por sector**
  - Guía práctica para ahorrar energía en la industria del pan
  - Guía para el uso eficiente de la energía en hoteles.

La aplicación de acciones de eficiencia energética en el sector PyME que tengan como resultado la mitigación de gases de efecto invernadero, enfrenta un conjunto de barreras tanto estructurales como de proceso, relacionadas esencialmente con la falta de información detallada que permita realizar un diagnóstico en este sector. En este contexto, cobra especial relevancia la vinculación entre las tecnologías eficientes disponibles en el mercado, los procesos productivos del sector PyME y esquemas de financiamiento innovadores que apoyen su implementación. Sin embargo, la falta de información sobre consumos energéticos y el estatus tecnológico de las PyME dificulta la determinación de sus potenciales de ahorro, y por ende la priorización de acciones a ser implementadas.

## 9 Conclusiones y recomendaciones

- A los fines de este trabajo, se consideró como empresa PyME a aquellas pequeñas y medianas empresas que pagan su energía eléctrica en tarifas eléctricas comerciales, agrícolas e industriales, mediante contratación del servicio en las tarifas 2, 3, 9, OM y HM. El número de empresas consideradas en estas tarifas asciende a 3.9 millones.
- Respecto a los consumos energéticos asociados a las PyME, se puede afirmar que a nivel nacional:
  - El consumo final energético de las PyME representa el 17% del total de energía consumida en el país.<sup>23</sup>
  - El consumo de energía térmica (combustible) por las PyME representa 11% del total de energía térmica consumida en el país.<sup>24</sup>
  - Del consumo reportado por la CFE, las PyME representan el 47% del total de energía eléctrica consumida en el país.

- Los equipos de mayor consumo de energía térmica dentro de las PyME son calderas y generadores de vapor, secadores, calentadores de agua, hornos de proceso y equipos de cocción. Dentro de este rubro se considera posible aplicar diversas medidas para ahorro de energía que podrían reducir los consumos térmicos entre 10 y 15%.

El potencial de ahorro energético por aplicación de medidas de eficiencia energética térmica es de al menos 44.29 Petajoules anuales, lo que representa al menos 1.1% del consumo anual nacional térmico.

- Los equipos eléctricos de mayor consumo de energía eléctrica, son motores eléctricos de proceso, sistemas de aire comprimido, sistemas de iluminación, sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Para estos equipos se estima factible un ahorro de entre 10 y 20% de energía eléctrica por la aplicación de medidas de eficiencia.

En su conjunto, el potencial de ahorro de energía eléctrica en las PyME se estima en 13.5 TWh/año, equivalentes a 48.65 Petajoules, lo que representa 6.9% del consumo nacional eléctrico.

- Si estos ahorros en energía térmica y eléctrica se traducen a emisiones de GEI, se encuentra que el potencial de reducción de estos gases derivado de acciones de eficiencia energética en las PyME es de 9.7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes, desglosadas como 6.8 millones por ahorro de energía eléctrica y 2.8 millones por ahorro de energía térmica.

El área en que la sociedad tiene mayor capacidad de incidir para lograr ahorros es la eléctrica, lo cual confirma que las medidas de ahorro de energía emprendidas por México desde hace 20 años han sido correctas.

---

<sup>23</sup> De la suma de los totales reportados por la SENER y la CFE

<sup>24</sup> Del total reportado por la SENER en el Balance Nacional de Energía 2009.

## **9.1 Recomendaciones**

### **9.1.1 Proyectos demostrativos en la mediana empresa**

Dentro del sector PyME, el subsector más interesante es el de la empresa mediana, pues consume más de 70% de la energía tanto eléctrica como térmica de este conjunto de empresas. Es conveniente trabajar entonces con industrias medianas, pues su potencial de ahorro es más atractivo.

En el capítulo 7 de este documento se determinaron las ramas empresariales donde sería más fructífero canalizar esfuerzos para multiplicar el desarrollo de proyectos de eficiencia energética. Estas ramas son, en primer lugar, todas las que se dedican a producir, procesar, preparar y trabajar con alimentos y bebidas; en segundo lugar, la rama empresarial química; en tercer lugar, el ramo textil; en cuarto lugar, las industrias diversas del vidrio, plástico, dentales; y en quinto lugar el sector turismo integrado por hoteles y restaurantes. En todas estas ramas empresariales pueden emprenderse proyectos de ahorro de energía térmica y eléctrica.

### **9.1.2 Utilizar a la banca comercial para financiamiento de proyectos de ahorro de energía**

Los proyectos de ahorro de energía, en función de los precios actuales de los energéticos, son recuperables en plazos que van desde pocos meses para medidas muy sencillas hasta ocho años para medidas de aplicación de energías renovables. En promedio se obtienen periodos de retorno menores a tres años y tasas de rentabilidad mayores a 25%. Los proyectos de eficiencia energética son económicamente rentables, sin embargo, el problema de la mayoría de las PyME es la falta de liquidez, dado que carecen de recursos para ejecutar proyectos de ahorro de energía. Es factible involucrar a la banca comercial para que dentro de su cartera de servicios ofrezca el financiamiento de proyectos de eficiencia energética y reducción de GEI. Para que los proyectos sean atractivos se requiere de tasas activas menores o semejantes a las de los créditos hipotecarios.

### **9.1.3 Importancia de la ingeniería para la eficiencia energética y desarrollo empresarial**

Es una costumbre tanto de la mayoría de las PyME, como de la industria en general, prescindir de los servicios de las empresas de ingeniería; así, la adquisición de sus sistemas energéticos y su crecimiento tecnológico se deja a vendedores de maquinaria, quienes obviamente priorizan la tecnología que ellos manejan y los equipos que mayor utilidad les reportan. Pocos son los vendedores que hacen un servicio tecnológico eficiente para maximizar los beneficios de sus clientes. En otros casos, los empresarios mexicanos compran maquinaria de desecho de otros países, al estilo de los autos chatarra. Esta maquinaria totalmente ineficiente se pone a trabajar en México con altos consumos de energía y consecuencias negativas para el ambiente. Es fundamental que las PyME consideren a las empresas de ingeniería como aliados que les auxiliarán a tener proyectos bien diseñados, fábricas eficientes y tecnologías que desarrollen sus procesos con eficiencia energética. La SE, el FIDE, la CFE, los colegios de ingenieros y asociaciones gremiales deben promover que las PyME sean asistidas por empresas de ingeniería.

#### **9.1.4 Impulso a las normas de eficiencia energética**

Para el sector comercial y pequeña empresa se observa que realizar proyectos particulares tiene poco impacto. Pero es propicio trabajar con SENER, SE, CFE, CONUEE y FIDE para mejorar las normas de eficiencia energética de los equipos que se utilizan en la PyME. Por citar un ejemplo, la NOM-021-ENER/SCFI-2008 referente a equipos de aire acondicionado tipo cuarto, establece eficiencias del 30% por arriba del consumo, equivalente a equipos de aire acondicionado de alta eficiencia. La misma estrategia que se ha utilizado para la sustitución de focos incandescentes puede aplicarse al resto de las tecnologías empleadas por las PyME.

#### **9.1.5 Promoción y divulgación de la eficiencia energética**

Otra forma de alentar el consumo de equipos eficientes en el sector comercial y la pequeña empresa es mediante la promoción intensiva de la eficiencia energética; puede utilizarse a la misma Comisión Federal de Electricidad, cámaras empresariales y agrupaciones gremiales para difundir mensajes claves de ahorro energético. También es posible desarrollar manuales de capacitación, boletines informativos, hojas de casos de éxito, jornadas de conferencias y hasta cursos cortos de capacitación, donde los asistentes aprendan conceptos básicos de ahorro de energía.

#### **9.1.6 Fortalecimiento de empresas de consultoría**

Después de 21 años de existencia del FIDE, aún no ha sido posible consolidar un grupo de firmas de consultoría que logren implementar los proyectos de ahorro de energía requeridos para soportar las necesidades de este sector. A la fecha existen menos de 25 firmas consultoras dedicadas al ahorro de energía, de las cuales una cantidad menor tiene la capacidad de ejecutar proyectos completos y exitosos en el tema de ahorro de energía, lo cual constituye una barrera para el desarrollo del mercado de la consultoría, considerando que existen casi cuatro millones de PyME en México. Irónicamente, el éxito de los programas del FIDE también ha contribuido a esta situación, pues al ofrecer asesoría, financiamiento y equipos ahorradores, el FIDE ha inhibido en gran medida el desarrollo de consultores independientes que pudieran desempeñar esta función.

En el país han existido circunstancias que han impedido el desarrollo de este tipo de empresas, ya que en muchas ocasiones el ahorro de energía como actividad principal no permite la subsistencia económica. Por tanto, las diferentes firmas consultoras deben diversificar su cartera de negocios (como es el caso de la venta de equipo).

A diferencia de otras ramas de la ingeniería, la eficiencia energética como nicho de mercado, no ha logrado desarrollar grandes empresas consultoras como es el caso de la ingeniería civil donde existen verdaderos núcleos empresariales. Las firmas de consultoría vigentes en la actualidad pueden catalogarse como pequeñas empresas, con una fragilidad económica grave, que las expone a desaparecer ante circunstancias adversas como: falta de pagos, falta de personal capacitado, carteras vencidas, falta de proyectos y carencia de incentivos de mercado (exoneración de impuestos para PyME), entre otros.

Por otro lado, instancias que hoy tienen a su cargo el fortalecimiento del mercado deberían crear un vínculo que enlace las necesidades de las PyME con la capacidad de las empresas de ingeniería y fabricantes de equipo. Esto evitaría que los fabricantes y distribuidores de marca atiendan en forma directa a la industria; y aseguraría que en lugar de una marca en particular se vendiera la solución que más ventajas ofrezca al sector diseñada a la medida de cada problema.

Para lograr la consolidación de las firmas consultoras debe ser viable, en primer instancia, la consolidación de las firmas existentes y, posteriormente, la creación anual de al menos 20 firmas consultoras, dando prioridad a las zonas del país como franja fronteriza del norte del país, y a ciudades estratégicas como Monterrey, Torreón, Villahermosa, Coatzacoalcos, Mérida y Chihuahua, entre otras, donde la presencia de profesionales que atiendan los proyectos de eficiencia energética es escasa.

### **9.1.7 Impulso a la utilización de fuentes alternativas de energía**

Existe en el país una gran cantidad de PyME ubicadas en zonas donde es factible aprovechar la energía del sol o del viento en pequeña escala, para aplicaciones como alumbrado, bombeo, refrigeración de absorción, generación de fluidos calientes para reemplazo de resistencias eléctricas de baja temperatura y otras. Este tipo de proyectos puede requerir inversiones de hasta 10 dólares por Watt generado; sin embargo, representan la eliminación del consumo de energía de la red eléctrica en el largo plazo. Los periodos de recuperación no son cortos, pero técnicamente son viables y con buenos esquemas de financiamiento serían atractivos para algunos industriales comprometidos con la conservación del ambiente.

### **9.1.8 Impulso a la cogeneración**

Recientemente, y tras el incremento de costos en la demanda máxima y facturable, muchas empresas invirtieron en equipos de generación de energía eléctrica —principalmente motores diesel— para generar electricidad en horario punta “peak shaving”. Sin embargo, estos sistemas no necesariamente son eficientes y libres de contaminación, ya que sólo se emplean para reducir el costo de la demanda facturable y el costo de la energía en horario punta. En estos sistemas también se podrían aprovechar los gases de combustión para generar agua caliente o vapor y, con ello, aprovechar al máximo la energía de desperdicio, con lo que estos sistemas serían más eficientes. La realidad es que con estos sistemas de generación, tal como se tienen actualmente en las empresas, sólo se reduce el costo en facturación eléctrica, pero a nivel país se utiliza más energía primaria y se incrementan los contaminantes, ya que ninguna de estas plantas de generación es más eficiente que una planta de la CFE.

La cogeneración de energía está en una situación parecida a la de las fuentes alternativas - los tiempos de recuperación no son muy atractivos. No obstante, en tiempos recientes los precios de los combustibles se han incrementado aceleradamente tal como ha sucedido con la energía eléctrica. Algunas PyME —empresas medianas principalmente— pueden estar pagando más por combustibles que por electricidad, pues la gran mayoría de ellas no cuentan con sistemas de recuperación de calor y emiten gases calientes a la atmósfera. Las PyME podrían implementar sistemas de cogeneración o micro-cogeneración, para generar además toda o parte de la energía eléctrica que requieren; pero normalmente las inversiones son cuantiosas y los tiempos de recuperación pueden variar entre 4 y 8 años, dependiendo del tipo de proyecto. Un financiamiento para estas empresas cambiaría el flujo de efectivo requerido, haciendo más rentables estos proyectos. A diferencia de los proyectos de autogeneración en horario punta, la cogeneración sí tiene un impacto muy positivo en el medio ambiente, pues el calor de desecho se emplea para producir electricidad, reduciendo las emisiones al ambiente y el consumo de energía eléctrica a nivel nacional.

Es importante apoyar a estos sistemas si se demuestra que son eficientes, e impulsar el uso de energías limpias como la eólica y solar fotovoltaica, y generar un incentivo significativo para aquellas empresas que inviertan realmente en opciones de ahorro de energía, combustible y

reducción de emisiones contaminantes. Por ejemplo, que cada kilowatt (kW) que se genere con energías limpias se tome a cambio de un kilowatt de demanda facturable.

### **9.1.9 Proyecto de mejora de índices energéticos por producción**

La tecnología ha logrado avances significativos en todos los aspectos. La maquinaria y procesos productivos son evidencia de ello. En la actualidad existen máquinas para la fabricación de papel y plástico que logran producir más toneladas y piezas terminadas por kWh consumido, y en casi todas las áreas de manufactura sucede lo mismo. La propuesta es apoyar aquellos proyectos cuya orientación sea sustituir maquinaria o equipos productivos por otros equivalentes que realicen la misma actividad, por ejemplo, producción de tapas de frascos alimenticios, pero con un mejor índice energético.

#### **9.1.10 Proyectos especiales para sustituir tecnologías ineficientes o incorporación de aditamentos para el ahorro de energía**

La idea de esta propuesta es asignar un presupuesto para sustituir anualmente ciertos equipos ineficientes, por ejemplo, *chillers* que además de ineficientes utilizan como refrigerantes clorofluorocarbonos dañinos para el ambiente.

Equipos a sustituir:

- Chiller (generador de agua helada)
- Compresores de aire
- Refrigeradores
- Motores eléctricos
- Bombas

Aditamentos para el ahorro:

- Convertidores de frecuencia variable
- Controles y automatización
- Bancos de hielo
- Tubería de aluminio
- Tuberías de acero
- Tanques de almacenamiento
- Variadores de velocidad
- Arrancadores suaves para motores

En este documento se ha analizado la situación de la eficiencia energética en las PyME, y algunas opciones para su promoción. El potencial de ahorro a buscar puede parecer pequeño: 2% del consumo energético final a nivel país. Sin embargo, las PyME consumen 17% del consumo final energético; los principales potenciales de ahorro se encuentran en la parte eléctrica, pero los ahorros térmicos no son despreciables.

## **ANEXO 1: Proyectos de Ingeniería Energética Integral SA de CV**

Proyectos que ha realizado Ingeniería Energética Integral S.A. de C.V. que sirvieron como fuente de información para este estudio.

- Proyecto: Evaluación del ahorro de energía eléctrica derivado de las acciones de los usuarios en el periodo del año 1998 al 2004.
- Proyecto: Evaluación del potencial de ahorro de energía eléctrica por el reemplazo de equipos de aire acondicionado tipo ventana, refrigeradores y la aplicación de aislamiento térmico en el sector doméstico.
- Proyecto: Evaluación del potencial de ahorro de energía eléctrica por el reemplazo de refrigeradores en el sector doméstico.
- Proyecto: Metodología para Ahorro de Energía en Motores Eléctricos Asistida por Computadora. Solicitante: Fideicomiso para Ahorro de Energía Eléctrica (Fide).
- Proyecto: Metodología asistida por Computadora para Ahorro de Energía en Bombas Centrífugas. Solicitante: Fideicomiso para Ahorro de Energía Eléctrica (Fide).
- Proyecto: Eficiencia Energética en Sistemas de Generación y Distribución de Vapor. Tareas realizadas: se dirigieron, coordinaron y supervisaron los trabajos de seis firmas de consultoría energética durante la ejecución de 37 diagnósticos energéticos en sistemas de vapor de 37 diferentes plantas industriales de la república mexicana. Solicitante: Comisión Nacional para Ahorro de Energía (CONAE). Realización: Abril 1997 - Marzo 1998. Resultados: pueden consultarse con las estadísticas de la Dirección de Industria, Cogeneración y Fuentes no convencionales de la Comisión Nacional para Ahorro de Energía de la Secretaría de Energía.
- Proyecto: Metodología para Ahorro de Energía en Sistemas de Bombeo Asistida por Computadora. Solicitante: Fideicomiso para Ahorro de Energía Eléctrica (Fide).
- Con beneficio del CONACYT, Elaboración de las Fichas Técnica sobre Estímulos Fiscales Para la Investigación y el Desarrollo Tecnológico Ejercicios del año 2000 al 2009, varios proyectos beneficiaron a PyME.
- Asimismo, durante los últimos 15 años la realización y ejecución de más de 300 proyectos de ahorro de energía, de los cuales al menos 250 han sido realizados en PyME.

## **ANEXO 2: Catálogo de medidas de ahorro de energía eléctrica**

### **A.2.1 Subestaciones eléctricas y distribución eléctrica**

1. Redistribución de cargas en transformadores. Consiste en evitar la operación de transformadores sobrecargados o a baja carga, distribuyendo las cargas conectadas a ellos.
2. Corrigiendo el desbalanceo de fases. Consiste en evitar que los equipos eléctricos trifásicos, se alimenten con un valor diferente de voltaje en cada una de tres fases.
3. Regulando el voltaje de alimentación. Es evitar que el voltaje varíe en demasía dentro de la empresa.
4. Instalación de bancos de capacitores en subestaciones.

El banco de capacitores es un aditamento utilizado para mejorar el factor de potencia de una empresa, el contexto alude a cuando se instala en la recepción de la energía eléctrica de toda la empresa.

5. Instalación de bancos de capacitores en equipos particulares.

### **A.2.2 Sistemas de aire comprimido**

6. Instalar motores de alta eficiencia en los compresores.
7. Sustitución de compresores por otros de tecnología ahorradora de energía. Consiste en cambiar compresores por otros que consuman menos energía.
8. Disminución o eliminación de fugas. Se refiere a reducir o evitar el aire comprimido que se escapa sin ser aprovechado en tuberías, accesorios y equipos.
9. Automatizar la operación de compresores. Se refiere a instalar un equipo de regule en forma automática la operación de compresor.
10. Adecuación de la capacidad del sistema a las necesidades reales de aire comprimido. Consiste en corregir el sistema de aire comprimido haciendo que su capacidad corresponda con las necesidades del sistema.
11. Instalar tanques de almacenamiento. Consiste en la instalación de un tanque para almacenar aire comprimido, reduciendo con él los tiempos de carga del compresor.
12. Modificación del sistema de distribución con criterio ahorrador. Consiste en realizar cambios para reducir las pérdidas del sistema de aire comprimido.
  - Modificación de tuberías.
  - Reducción de la trayectoria de distribución.
  - Reducción de válvulas y accesorios.
13. Instalación de variadores de velocidad electrónicos. Consiste en la instalación de un equipo de control electrónico de denominado “Convertidor de frecuencia variable o Variador de velocidad electrónico”, que controla la velocidad del motor eléctrico del compresor.

### **A.2.3. Sistemas de bombeo**

14. Instalar motores eléctricos de alta eficiencia en bombas.
15. Adecuación de la potencia del motor a la carga impulsada por bombas. Se refiere a que las bombas tengan un motor eléctrico de la potencia eléctrica adecuada.
16. Sustitución de bombas actuales por otras que trabajen a mayor eficiencia. Consiste en cambiar bombas por otras que consuman menos energía.
17. Disminución o eliminación de fugas. Se refiere a reducir o evitar líquidos que se escurren sin ser aprovechados en tuberías, accesorios y equipos.
18. Automatización de la operación del sistema de bombeo.
19. Adecuación de la capacidad del sistema a las necesidades reales de bombeo.
20. Modificación del sistema de distribución con criterio ahorrador.
21. Instalación de variadores de velocidad electrónicos.

### **A.2.4 Refrigeración**

22. Instalar motores de alta eficiencia en los compresores.
23. Instalar motores de alta eficiencia en las bombas de agua helada y de retorno.
24. Instalar motores de alta eficiencia en ventiladores de torres de enfriamiento.
25. Sustitución de compresores por otros de mayor eficiencia.
26. Instalación de sistemas de almacenamiento térmico, como bancos de hielo.
27. Adecuación de la potencia del motor a la carga impulsada por compresores.
28. Automatización del sistema de control, sacando de operación compresores no necesarios.
29. Limpieza de evaporadores y condensadores.
30. Instalación o corrección del aislamiento térmico de ductos, cilindradoras o tuberías.
31. Aislamiento de tanques, cámaras frías, bancos de hielo y otros equipos.
32. Instalación de cortinas aislantes en puertas de entrada a cuartos fríos.
33. Control de la circulación de aire sobre el producto almacenado.
34. Pre-enfriamiento del agua o del aire.
35. Instalación de variadores de velocidad electrónicos en compresores, ventiladores y bombas.

### **A.2.5 Aire acondicionado**

36. Instalar motores de alta eficiencia en los compresores.
37. Instalar motores de alta eficiencia en las bombas de agua helada.
38. Instalar motores de alta eficiencia en las manejadoras de aire.

39. Sustitución de compresores por otros de tecnología ahorradora de energía. Consiste en cambiar compresores por otros que consuman menos energía, por ejemplo, reciprocantes por tipo tornillo o centrífugos.
40. Instalación de un sistema de almacenamiento térmico, como bancos de hielo. Consiste en almacenar el frío en tanques o depósitos y luego aprovecharlo para reducir la demanda de energía en los momentos críticos o más costosos.
41. Adecuación de la potencia del motor a la carga impulsada por compresores. Se refiere a que los compresores tengan un motor eléctrico de la potencia eléctrica adecuada.
42. Automatización del sistema de control, sacando de operación compresores no necesarios. Se refiere a reducir el número de compresores en operación, evitando trabajar compresores innecesariamente, aun siendo por periodos.
43. Limpieza de evaporadores y condensadores. Consiste en realizar una limpieza sistemática de los evaporadores y condensadores del sistema de refrigeración, con la finalidad de eliminar incrustaciones.
44. Instalar aislamiento térmico en paredes y techos. Se trata de aislar térmicamente las paredes y techos del inmuebles acondicionado.
45. Mantenimiento del aislamiento térmico de ductos o tuberías. Se refiere a mantener aislamiento térmico en los diversos componentes que conducen el aire acondicionado en perfectas condiciones.
46. Aplicación de película reflejante en ventanas para disminuir la entrada de calor. Se trata de colocar una película que rechaza la radiación solar que incide sobre las ventanas.
47. Preenfriamiento del agua o del aire. Consiste en realizar el proceso de enfriamiento en dos o más etapas, evitando en esta forma grandes diferencias entre la temperatura inicial del aire o agua y la temperatura a la cual se desean llegar.
48. Instalación de variadores de velocidad electrónicos en compresores, manejadoras de aire y bombas. Consiste en la instalación de un equipo de control electrónico de denominado "Convertidor de frecuencia variable o Variador de velocidad electrónico", que controla la velocidad del motor eléctrico de estos equipos.

### **A.2.6 Sistemas de iluminación**

49. Instalación de apagadores individuales para controlar áreas. Consiste en colocar apagadores en oficinas, salones, auditorios y toda donde pueda apagarse la iluminación en forma individual.
50. Sustitución de focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas.
51. Sustituir lámparas fluorescentes por otras lineales (T-8) de mayor eficiencia. Consiste en cambiar las lámparas fluorescentes convencionales por otras que con menor potencia eléctrica dan igual o más luz.
52. Sustituir lámparas de vapor de mercurio por de sodio de alta presión.
53. Sustituir lámparas de vapor de mercurio por aditivos metálicos.
54. Instalación de reflectores especulares, reduciendo el número de lámparas. Consiste en reducir el número de tubos fluorescentes por luminaria adicionando un reflector de aluminio especular que refleje la luz que incide sobre él.

55. Sustitución de balastos convencionales por balastos ahorradores. Consiste en reemplazar el Balastro de los sistemas de iluminación por otro que consume menos energía.
56. Instalación de sensores de presencia. Estos equipos encienden la luz cuando detectan la presencia humana y, por el contrario, la apagan cuando algún lugar está desocupado.
57. Instalación de *dimers* para lámparas. Estos equipos se utilizan para reducir la intensidad luminosa de algunas lámparas, al mismo tiempo reducen la energía que se consume.
58. Instalación de fotoceldas para apagar iluminación de áreas que reciben buena luz natural.
59. Instalación de láminas o domos translúcidos. Estas láminas permiten el paso de la luz natural, permitiendo apagar luces interiores.
60. Aplicación de controles de apagado programados a base de horarios o por política de la empresa. Son medidas de apagar o encender luces por horarios o al quedar el área sin personal laborando.
61. Instalación de un sistema de control general de la iluminación. Es un equipo computarizado que permite apagar luces por horarios, presencia, luz natural, teléfono, etcétera

### **A.2.7 Procesos productivos**

62. Sustitución de resistencias eléctricas por tecnología infrarroja. La tecnología infrarroja consiste en calentar basándose en la radiación infrarroja, que emiten tubos de cuarzo o equipos similares.
63. Sustitución de resistencias eléctricas por calentamiento por algún combustible como gas LP, gas natural, Diesel u otro. Consiste en cambiar los procesos de calentamiento que utilizan resistencias por otros que eliminándolas, utilicen como fuente energética al gas LP, gas natural, Diesel u otro.
64. Sustitución de motores estándar por de alta eficiencia. Consiste en cambio de los motores eléctricos estándar por motores eléctricos de alta eficiencia.
65. Instalación de variadores de velocidad electrónicos. Consiste en acoplar a los motores eléctricos variadores de velocidad electrónicos, los cuales logran ahorrar energía cuando son instalados en equipos que trabajan con ciclos de trabajo variables.

## ANEXO 3: Evaluación económica de ahorros de energía eléctrica

### A.3 Evaluación económica del potencial de ahorro de energía eléctrica por sectores

Como se ha mostrado anteriormente, en cada sector PyME es posible llevar a cabo medidas de ahorro de energía. El objetivo de esta sección es mostrar la factibilidad económica de llevar a cabo un conjunto de acciones de eficiencia energética en los sectores empresa mediana, comercios y agrícola.

En cada análisis se muestra el sistema consumidor y algunas acciones de ahorro de energía que pueden realizarse para abatir los consumos eléctricos, se muestra asimismo el ahorro en consumo anual total de electricidad en MWh, la inversión necesaria para implementar las acciones, el ahorro económico anual y el periodo de retorno o recuperación de la inversión.

Para el sector empresa mediana, los sistemas o usos finales analizados son el aire comprimido, la iluminación, los motores del proceso productivo, el aire acondicionado, la refrigeración, el sistema de bombeo y los equipos de cómputo y oficina. Para cada sistema se presenta un listado de acciones de eficiencia energética comunes a empresas medianas. Sin embargo, estas acciones no deben ser consideradas como las únicas acciones posibles de realizarse para ahorrar energía eléctrica, ya que para cada empresa concreta, es necesario realizar un diagnóstico energético y de esta manera tener la certeza de qué acciones son las idóneas caso por caso.

#### Medidas de ahorro de energía para el sector industrial PyME

Sistema consumidor y algunas acciones que puede emprender	Ahorro en consumo anual total [MWh/año]	Inversión MDP	Ahorro económico anual MDP	Periodo de retorno de la inversión (años)
<b>Aire comprimido</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sustituir compresores por tecnologías ahorradora de energía</li> <li>- Utilizar tuberías de aluminio</li> <li>- Disminuir la presión de descarga</li> <li>- Disminuir o eliminar fugas</li> <li>- Incorporar un sistema de control</li> <li>- Adecuar capacidad a necesidades reales de a. comprimido</li> <li>- Instalar tanques de almacenamiento</li> <li>- Eliminar ramales fuera de servicio</li> <li>- Utilizar sistemas de distribución en anillo cerrado</li> <li>- Modificar el sistema de distribución con criterio ahorrador</li> <li>- Modificar tuberías</li> <li>- Reducir la trayectoria de distribución</li> <li>- Reducir válvulas y accesorios</li> <li>- Sacar de operación compresores no necesarios</li> <li>- Redistribuir la planta de compresores</li> <li>- Adecuar potencia del motor a carga impulsada p/ compresor</li> <li>- Instalar motores de eficiencia <i>premium</i> en los compresores</li> <li>- Utilizar aditivos antifriccionantes</li> <li>- Instalar variadores de velocidad electrónicos</li> </ul>	1,154,812	\$4,421	\$1,579	2.80

Sistema consumidor y algunas acciones que puede emprender	Ahorro en consumo anual total [MWh/año]	Inversión MDP	Ahorro económico anual MDP	Periodo de retorno de la inversión (años)
<b>Illuminación</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalar apagadores individuales para controlar áreas</li> <li>- Sustituir focos incandescentes por LFC</li> <li>- Sustituir lámparas fluorescentes por otras lineales (T-8)</li> <li>- Sustituir lámparas de vapor de Hg por Sodio de alta presión</li> <li>- Sustituir lámparas de vapor de Hg por aditivos metálicos</li> <li>- Instalación de reflectores especulares para reducir lámparas</li> <li>- Sustituir balastros convencionales por balastros ahorradores</li> <li>- Instalar sensores de presencia</li> <li>- Instalar fotoceldas para aprovechar iluminación natural</li> <li>- Instalar láminas o domos translúcidos</li> </ul>	825,760	\$2,823	\$1,129	2.50
<b>Motores de proceso productivo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sustituir motores estándar por motores de eficiencia <i>premium</i></li> <li>- Adecuar la potencia a las necesidades de carga impulsada</li> <li>- Aplicar motores de menor potencia</li> <li>- Aplicar motores de mayor potencia</li> <li>- Sacar de operación maquinaria cuando no sea necesaria</li> <li>- Evitar la operación prolongada en vacío</li> <li>- Regular el voltaje de alimentación</li> <li>- Evitar el desbalanceo del voltaje de alimentación entre fases</li> <li>- Mantener en buen estado la transmisión entre motor y carga</li> <li>- Utilizar bandas síncronas</li> <li>- Sustituir arrancadores a tensión plena por otros electrónicos</li> <li>- Instalar variadores de velocidad electrónicos</li> </ul>	3,540,782	\$14,523	\$4,841	3.00
<b>Aire acondicionado</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sustituir equipos por otros de mayor eficiencia</li> <li>- Utilizar equipos mini y multi-split con sello Fide</li> <li>- Sacar de operación equipos no necesarios</li> <li>- Control de carga generadoras de calor</li> <li>- Limpiar evaporadores y condensadores</li> <li>- Instalar aislamiento térmico en paredes y techos</li> <li>- Instalar o corregir el aislamiento térmico de ductos o tuberías</li> <li>- Instalar película reflejante en ventanas</li> <li>- Someter a pre-enfriamiento el agua o el aire</li> <li>- Instalar variadores de velocidad en compresores, manejadoras de aire y bombas</li> <li>- Instalar motores de eficiencia <i>premium</i> en los componentes</li> </ul>	485,447	\$1,859	\$664	2.80

Sistema consumidor y algunas acciones que puede emprender	Ahorro en consumo anual total [MWh/año]	Inversión MDP	Ahorro económico anual MDP	Periodo de retorno de la inversión (años)
<b>Refrigeración</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sustituir compresores por otros de mayor eficiencia</li> <li>- Instalar un sistema de refrigeración por absorción</li> <li>- Instalar un sistema con energía solar</li> <li>- Instalar sistema de almacenamiento térmico (bcos. de hielo)</li> <li>- Acoplar un sistema de cogeneración al stma.de refrigeración</li> <li>- Adecuar la potencia motor con carga de compresores</li> <li>- Adecuar la potencia motor con carga de bombas</li> <li>- Adecuar potencia a carga (ventiladores de torres de enfnto.)</li> <li>- Sacar de operación compresores no necesarios</li> <li>- Incorporar un sistema de control en la producción de frío</li> <li>- Limpiar evaporadores y condensadores</li> <li>- Instalar aislamiento térmico en paredes y techos</li> <li>- Instalar aislamiento térmico ductos, cilindradoras o tuberías</li> <li>- Aislar tanques y otros equipos</li> <li>- Aislar cámaras frías o bancos de hielo</li> <li>- Control de espesor en bancos de hielo</li> <li>- Instalar cortinas aislantes</li> <li>- Reducir el tamaño de cámaras frías o de fresco</li> <li>- Controlar el estibado en cámaras frías o de fresco</li> <li>- Controlar la densidad de la salmuera</li> <li>- Pre-enfriar el agua o el aire</li> <li>- Sacar de operación equipos no necesarios</li> <li>- Utilizar aditivos antifriccionantes</li> <li>- Instalar variadores de velocidad electrónicos en compresores, ventiladores y bombas</li> </ul>	650,598	\$2,667	\$889	3.00
<b>Sistema de bombeo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalar motores eléctricos de eficiencia <i>premium</i> en bombas</li> <li>- Adecuar la potencia a la carga impulsada por bombas</li> <li>- Sustituir bombas por otras que trabajen a mayor eficiencia</li> <li>- Reubicar bombas para obtener mejor rendimiento</li> <li>- Disminuir o eliminar fugas</li> <li>- Incorporar un sistema de control</li> <li>- Adecuar la capacidad a las necesidades reales de bombeo</li> <li>- Instalar tanques de almacenamiento</li> <li>- Modificar el sistema de distribución con criterio ahorrador</li> <li>- Modificar tuberías</li> <li>- Reducir la trayectoria de distribución</li> <li>- Reducir válvulas y accesorios</li> <li>- Recortar impulsores</li> </ul>	374,094	\$1,022	\$511	2.00
<b>Cómputo y oficina</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambiar monitores por pantallas LED</li> <li>- Utilizar sistema de apagado automático de las computadoras</li> <li>- Utilizar equipos generadores de calor en cuartos separados</li> <li>- Automatizar encendido y apagado de equipos</li> <li>- Mantener buen estado equipos, usarlos de manera adecuada</li> <li>- Apagar y desconectar equipos cuando no se usen</li> <li>- Apagar equipos que producen calor antes de terminar su uso</li> <li>- Utilizar equipos de acuerdo a recomendaciones de fabricante</li> <li>- Supervisar y corregir aparatos que al conectarse produzcan chispas o calienten el cable de alimentación</li> </ul>	475,437	\$1,950	\$650	3.00
<b>Estimación de totales</b>	5,526,358	\$22,021	\$7,555	2.91

Fuente: Elaboración propia con información derivada de proyectos energéticos.

Como puede observarse, el implementar acciones de eficiencia energética en el sector industrial PyME es un negocio realmente rentable, ya que para cada sistema el periodo de retorno de la inversión es menor o igual a 3 años, lo cual significa que el empresario recupera su inversión en un periodo muy breve de tiempo y a partir del año cuatro, obtendrá beneficios económicos derivados de los ahorros anuales por el abatimiento de sus consumos de electricidad.

Para el sector comercios, las medidas de ahorro de energía propuestas se centran en los sistemas de iluminación, aire acondicionado, refrigeración, sistemas de bombeo y equipo de cómputo y oficina. Estas medidas, al igual que en el caso de la empresa mediana, son económicamente viables, su periodo de inversión es menor a 3 años.

### Medidas de ahorro de energía para el sector comercios

Sistema consumidor y algunas acciones que puede emprender	Ahorro en consumo anual total (MWh/año)	Inversión MDP	Ahorro económico anual MDP	Tiempo retorno de inversión (años)
<b>Sustitución de iluminación</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalar apagadores individuales para controlar áreas</li> <li>- Sustituir focos incandescentes por LFC</li> <li>- Sustituir lámparas fluorescentes por otras lineales (T-8)</li> <li>- Sustituir lámparas de Hg por de sodio de alta presión</li> <li>- Sustituir lámparas de vapor de Hg por aditivos metálicos</li> <li>- Instalar reflectores especulares reduciendo lámparas</li> <li>- Sustituir balastos convencionales por balastos ahorradores</li> <li>- Instalar sensores de presencia</li> <li>- Instalar fotoceldas para aprovechar luz natural</li> <li>- Instalar láminas o domos translúcidos</li> </ul>	943,247	\$3,882	\$2,157	1.80
<b>Aire acondicionado</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sustituir equipos por otros de mayor eficiencia</li> <li>- Utilizar equipos mini y multi-split con sello Fide</li> <li>- Sacar de operación equipos no necesarios</li> <li>- Control de carga generadoras de calor</li> <li>- Limpiar evaporadores y condensadores</li> <li>- Instalar aislamiento térmico en paredes y techos</li> <li>- Instalar aislamiento térmico de ductos y/o tuberías</li> <li>- Instalar película reflejante en ventanas</li> <li>- Someter a pre-enfriamiento el agua o el aire</li> <li>- Instalar variadores de velocidad electrónicos en compresores, manejadoras de aire y bombas</li> <li>- Instalar motores de eficiencia <i>premium</i> en los componentes del sistema</li> </ul>	773,876	\$3,893	\$1,769	2.20

Sistema consumidor y algunas acciones que puede emprender	Ahorro en consumo anual total (MWh/año)	Inversión MDP	Ahorro económico anual MDP	Tiempo retorno de inversión (años)
<b>Refrigeración</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sustituir refrigeradores por otros de mayor eficiencia</li> <li>- Sustituir compresores por otros de mayor eficiencia</li> <li>- Instalar sistema de almacenamiento térmico, bancos de hielo</li> <li>- Sacar de operación compresores no necesarios</li> <li>- Incorporar un sistema de control en la producción de frío</li> <li>- Limpiar evaporadores y condensadores</li> <li>- Instalar aislamiento térmico en paredes y techos</li> <li>- Corregir el aislamiento térmico de ductos, depósitos o tuberías</li> <li>- Aislar tanques y otros equipos</li> <li>- Aislar cámaras frías o bancos de hielo</li> <li>- Controlar espesor en bancos de hielo</li> <li>- Instalar cortinas aislantes</li> <li>- Reducir el tamaño de cámaras frías o de fresco</li> <li>- Controlar el estibado en cámaras frías o de fresco</li> <li>- Controlar la densidad de la salmuera</li> <li>- Someter a pre- enfriamiento el agua o el aire</li> <li>- Utilizar aditivos antifriccionantes</li> <li>- Instalar variadores de velocidad electrónicos</li> <li>- Instalar motores de eficiencia <i>premium</i> en los componentes del sistema</li> </ul>	406,000	\$2,599.86	\$928.52	2.80
<b>Sistema de bombeo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalar motores eléctricos de eficiencia <i>premium</i> en bombas</li> <li>- Adecuar potencia a la carga impulsada por bombas</li> <li>- Sustituir bombas por otras que trabajen a mayor eficiencia</li> <li>- Reubicar bombas para obtener mejor rendimiento</li> <li>- Disminuir o eliminar fugas</li> <li>- Incorporar un sistema de control</li> <li>- Adecuar la capacidad a las necesidades reales de bombeo</li> <li>- Instalar tanques de almacenamiento</li> <li>- Modificar el sistema de distribución con criterio ahorrador</li> <li>- Modificar tuberías</li> <li>- Reducir la trayectoria de distribución</li> <li>- Reducir válvulas y accesorios</li> <li>- Limpiar tuberías</li> <li>- Recortar impulsores</li> </ul>	131,691	\$451.77	\$301.18	1.50
<b>Cómputo y oficina</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambio de monitores por pantallas LED</li> <li>- Utilizar el sistema de apagado automático de las computadoras</li> <li>- Utilizar equipos generadores de calor en cuartos separados</li> <li>- Automatizar encendido y apagado de equipos</li> <li>- Mantener en buen estado los equipos y usarlos de manera adecuada</li> <li>- Apagar y desconectar equipos cuando no se usen</li> <li>- Apagar los aparatos que producen calor antes de terminar de usarlos</li> <li>- Utilizar los equipos de acuerdo a recomendaciones de fabricante</li> <li>- Supervisar y corregir aparatos que al conectarse produzcan chispas o calienten el cable de alimentación</li> </ul>	316,996	\$1,812.43	\$724.97	2.50
<b>Estimación de totales</b>	2'571,810	\$12,640.70	\$5,881.73	2.15

Fuente: Elaboración propia con información derivada de proyectos energéticos.

Para la mediana empresa donde aplican potenciales de ahorro de energía eléctrica relacionados a los sistemas de bombeo se recomienda consultar el Anexo 2 “Catálogo de Medidas de Ahorro de Energía”

**Medidas de ahorro de energía para el sector agrícola**

<b>Sistema consumidor</b>	<b>Ahorro en consumo anual total [MWh/año]</b>	<b>Inversión MDP</b>	<b>Ahorro económico anual MDP</b>	<b>Tiempo retorno de inversión (años)</b>
<b>Iluminación</b>	139,481	\$192	\$64.0	3.0
<b>Bombeo</b>	2'650,145	\$4,876	\$1,219.0	4.0
<b>Total</b>	2'789,626	\$5,068	\$1,283	4.0

Fuente: Elaboración propia con base en análisis y estudios previos

## **ANEXO 4: Catálogo de medidas de ahorro de energía térmica**

En esta sección se presentan acciones derivadas de realizar diagnósticos energéticos, las cuales han permitido a las empresas analizadas reducir sus pérdidas de energía y fomentar el funcionamiento eficiente de sus equipos.

### **▪ Calderas vapor y generadores de vapor**

- Distribución eficiente de carga en calderas en función de la eficiencia de planta
- Utilización eficiente del mínimo de equipos de servicio
- Regulación de la relación aire-combustible
- Empleo de quemadores de alta eficiencia
- Uso de calderas de vapor o calentadores de fluido térmico
- Instalación de equipos de recuperación de calor: economizador
- Recuperación o incremento del retorno de condensados
- Aprovechamiento de pérdidas de calor por pérdidas de radiación, adecuando la ubicación de ventiladores de aire de combustión
- Cogeneración de energía
- Precalentamiento del agua de alimentación
- Precalentamiento del aire de alimentación
- Empleo de buenas trampas de vapor
- Precalentamiento del combustible
- Sustitución de calderas
- Aislamiento térmico adecuado de equipos calientes, ductos y tuberías
- Sustitución de aislamientos impregnados de agua o aceite
- Operación a presión reducida del vapor
- Control del flujo de vapor
- Cambio a gas natural
- Prevención de fugas
- Automatización de purgas
- Instalación de mirillas de flujo
- Empleo de válvulas de tres vías en las líneas de condensado
- Uso adecuado de redundancia en equipo auxiliar
- Análisis y rediseño de tuberías y ductos
- Análisis y mejoramiento de trazado térmico en tanques y tuberías
- Diseño adecuado del equipo auxiliar
- Calentamiento de agua o aire de servicios utilizando calor de productos de combustión
- Diseño adecuado de eyectores
- Uso de sistemas de limpieza en intercambiadores de calor
- Control de la calidad de agua de alimentación
- Control de la combustión en función del agua de alimentación
- Correcta ubicación y altura de extractores y ventiladores

▪ **Secadores**

- Regulación de la relación aire-combustible
- Empleo de quemadores de alta eficiencia
- Precalentamiento del aire de alimentación
- Precalentamiento de combustible
- Empleo de combustibles naturales (biomasa)
- Regulación de la temperatura de secado
- Empleo de secadores solares
- Automatización de la operación

▪ **Cocción o cocina de alimentos**

- Optimización de la combustión
- Empleo de quemadores de alta eficiencia
- Empleo de refractarios
- Descongelamiento antes de calentar
- Empleo de utensilios de espesor adecuado
- Prevención de posible mezcla de zonas calientes con frías

▪ **Generación de agua caliente**

- Optimización de la combustión
- Regulación de la temperatura de calentamiento
- Empleo de intercambiadores de calor para calentar con fluidos calientes de proceso
- Calentamiento solar
- Empleo de calor de desperdicio
- Precalentamiento del agua
- Control de operación
- Automatización de la operación

▪ **Calentamiento de otros fluidos**

- Regulación de la temperatura de calentamiento
- Empleo de intercambiadores de calor para calentar con fluidos caliente de proceso
- Calentamiento solar
- Empleo calor de desperdicio como fuente de calentamiento
- Empleo del aceite térmico adecuado
- Revisión de tiros forzados o inducidos
- Control de operación
- Automatización de la operación

▪ **Quemadores a fuego directo**

- Optimización de la combustión
- Empleo de otro tipo de calentamiento

- Empleo de quemadores de alta eficiencia
- Empleo de reflectores de calor
  
- **Hornos de procesos térmicos**
  - Regulación de la temperatura de operación
  - Regulación de la relación aire-combustible
  - Aislamiento térmico
  - Empleo de buenos refractarios
  - Precalentamiento del aire de alimentación
  - Precalentamiento de materiales a calentar
  - Precalentamiento de combustible
  - Empleo de campanas de recuperación de calor
  - Automatización de la operación
  - Aislamiento adecuado de bóvedas, techos y pisos
  
- **Producción eléctrica para emergencia**
  - Empleo de gas natural
  - Instalación en un lugar ventilado
  - Establecimiento y control de distancia de equipos auxiliares
  - Cogeneración de energía

## ANEXO 5: Medidas para ahorro de energía térmica

El sector PyME es responsable de cerca del 11% del consumo térmico final del país. Los energéticos usados para producir la energía térmica en las PyME son principalmente hidrocarburos asociados al petróleo como Diesel, gas LP, combustóleo y gas natural, aunque también se emplea, en menor grado, energía solar, bagazo de caña y carbón.

### Descripción de procesos térmicos en empresas medianas

Empresa	Producto	Procesos	Uso de energía térmica	Combustible	Consumo mensual	Áreas de mejora térmica
Aceites de Guadalajara	Aceite crudo Aceites Manteca Combustible	Recepción de nabo, canola, soya, cártamo, girasol y algodón. Preparación. Extracción mecánica del aceite. Extracción con solvente. Recuperación del solvente en pasta y aceite. Refinación. Envasado. Clasificación. Almacenado.	Calentamiento de semillas con vapor (100 °C). Desodorización (180 a 200 °C). Caldera para generación de vapor. Cocción. Secadores.	Gas natural	190,000 m <sup>3</sup> /mes	Optimizar la combustión: reducir exceso de aire, recuperar condensados, aislamiento térmico.
Fábrica de prendas de vestir	Prendas de vestir	Corte, foleo, armado, ensamble, revisión final, plancha, empaque	Caldera para generación de vapor (proceso planchado)	Gas LP	5,000 litros	Optimizar la combustión: reducir exceso de aire, corregir trampas de vapor, eliminar fugas, recuperar condensados.
Recubre	Recubrimiento electrolítico. Anodizado de piezas de aluminio. Rines de bicicleta. Ganchos de ropa y de tejer. Reflectores. Iluminación.	Preparación del material. Inmersión para electrólisis. Rectificación. Terminado. Almacenado.	Generación de vapor para calentamiento de tinas de zinc	Gas LP	18,800 litros/mes	Aislar líneas de vapor. Recuperar condensados. Reducir exceso de aire. Sustituir por quemadores de alta eficiencia.
Harinera de maíz, S.A. de C.V	Harina de maíz	Recepción, limpia, maceración y molienda, cernido, almacenamiento y empaque.	Caldera para generación de vapor. Secadores de maíz.	Diesel, 12% en caldera, 88% en secadores.	385,000 litros	Optimizar la combustión: Reducir exceso de aire.
Molino de Navojoa	Harina de trigo	Recepción, limpia, maceración y molienda, cernido, almacenamiento y	Caldera para generación de vapor. Secadores de	Diesel	73,000 litros	Optimizar la combustión: Reducir exceso de aire.

Empresa	Producto	Procesos	Uso de energía térmica	Combustible	Consumo mensual	Áreas de mejora térmica
		empaques.	maíz. Calentadores de gas. Secadores.			Recuperar condensados. Corrección del aislante térmico en tuberías y depósitos calientes.
Cartón el Fénix	Papel y cartón	Recepción de materia prima (papel reciclado), éste pasa al Pulper, de éste hay dos procesos: el primero pasa directamente de éste a un tanque, el segundo proceso pasa a un Clasiker, después a un espesador, y llegan al mismo tanque, de éste pasa a un primer refinador, de éste a un segundo refinador y llega a un segundo tanque, llegan a unas cajas de nivel constante, posteriormente a un tanque de máquina, es llevado a una caja de entrada, es transportada a una fosa, de ésta sale para una prensa hidráulica, al salir de la prensa pasan por un horno y, finalmente, llegan a una satinadora para dar el producto terminado de cartón de varios tipos.	Horno para el suministro de aire caliente para el proceso de secado y calderas para generar vapor.	Diesel	155,850 L/mes	Evitar fugas, reubicar toma de aire de compresores, reducir presión de distribución.
Moore de México	Imprenta	Recepción de la materia prima (papel opaco, Tissue), el papel Tissue pasa a la carbonizadora, el papel opaco pasa directo llegan a corte de papel, luego hay dos subprocesos el primero llega a impresoras de stock y el segundo a una impresora de forma continua.	Calderas para generar el vapor para el proceso de carbonizado	Diesel	23000 L/mes	Evitar fugas. Reubicar toma de aire de compresores. Reducir presión de distribución. Sustitución de unidad de enfriamiento por una unidad más eficiente. Generar electricidad, aprovechando el calor residual del equipo (cogeneración).

Empresa	Producto	Procesos	Uso de energía térmica	Combustible	Consumo mensual	Áreas de mejora térmica
Autopartes del Bajío S.A.	Carrocerías, motores, partes y accesorios para carro, pistones	Empresa A Planta 1: recepción de materia prima (Aluminio), pasa a fundición, llega a colado, llega a enfriamiento, corte de coladas, se le da un tratamiento térmico, de aquí pasa a la planta 2: llega a maquinado, pasa estañado, llega inspección final para que pase a empaque.	Hornos y calderas para generar vapor y fluido térmico.	Gas natural	110,000 m <sup>3</sup> mensuales	Recuperación de calor de desperdicio. Corrección de paredes del refractario. Eliminación de fugas de vapor.
WECOMEX	1. Intercambiadores de calor. 2. Condensadores de superficie para turbinas de vapor. 3. Condensadores de reflujo. 4. Generadores de vapor tipo kettle. 5. Calentadores de combustóleo. 6. Calentadores de agua de alimentación. 7. Condensadores de superficie. 8. Intercambiadores de placas. 9. Enfriadores de aire. 10. Tanques. 11. Torres de destilación.	Oxicorte, corte con plasma, corte con cizalla, doblado rectilíneo, rolado, comado de cabezas, barrenado, toreado, tratamientos térmicos, soldado.	Hornos y oxicorte	Gas natural 69%	481,312 m <sup>3</sup> /anual	Instalar sistemas de regulación de la combustión del tipo PID. Implementar analizadores de combustión. Sellar las entradas parasitas de aire en los hornos. Reparar y mantener la fibra de cerámica de las bóvedas de los hornos. Eliminar obstrucciones en chimeneas.
Embotellador a TAZ	Bebidas carbonatadas	Recepción de jarabe, inspección, elaboración de mezcla, clarificado, preparación de líquido, llenado de envases, tapado, codificado, inspección de nivel, empaçado, paletizado, almacenamiento, distribución, proceso auxiliar, lavado de envases.	Calderas para generar el vapor para el proceso, agua caliente, lavado de botellas, lavado de maquinaria.	Diesel	55,000 L/mes	Calibración de la relación de aire/Combustible en calderas. Instalación y mantenimiento de aislamiento en tubería de distribución de vapor y condensados. Recuperación de condensados. Recuperación de agua de rechazo.

Empresa	Producto	Procesos	Uso de energía térmica	Combustible	Consumo mensual	Áreas de mejora térmica
Arbomex S,A de C,V (Arbomex)	Fundición y maquinado de árboles de levas y flechas en hierro gris para motores	Maquinado y fundición	Horno de fusión, oxicorte	Gas natural	857 KJ/t	Pre calentamiento de la chatarra. Reducción del consumo utilizando el horno de inducción. Reducción de consumo por utilización de chatarra limpia. Disminución del consumo en el horno de 857 a 572 KJ/t con correcciones a los procedimientos de operación.
Textiles de Algos	Hilo, telas, fibras de algodón, poliéster.	Preparación, hilatura, tejido, acabados.	Calderas secadores	Gas LP	75,000 m <sup>3</sup> mensuales	Secadores. Baños de teñido. Recuperación de condensados. Control de combustión de calderas. Aislamiento en tuberías de vapor y condensados. Eliminación de fugas de vapor y condensados.
Papeles especializados	Papel para Impresión.	Recepción de la materia prima (celulosa). Producción de pasta gruesa. Refinado. Transportado a depósitos de reserva. Agitación para mantener en movimiento la pasta. Depuración dinámica o ciclónico. Distribución, la pasta es llevada a una caja de entrada. Mesa de fabricación, unas telas transportan el papel. Formación de una lámina de pasta. Deshumidificación para absorber el agua. Prensado, sigue la absorción del agua y la expansión de la hoja. Secado. Calandria, en este proceso se le vuelve a dar un calentado.	Calderas, secadores, tambores de vapor.	Combustóleo	76,935 t/mes caldera fuerza 26%, caldera paquete 22%, caldera recuperación n 52%.	Mejoramiento del factor de potencia, análisis de diseño del sistema de bombeo, iluminación, control de la demanda.

Empresa	Producto	Procesos	Uso de energía térmica	Combustible	Consumo mensual	Áreas de mejora térmica
		Afinación, terminado y embobinado.				
Plásticos Guadalajara	Bolsas de polietileno	Almacén, extrusión, embobinado, rollos, impresión, bolseo, almacén, empacado, producto terminado.	Producción de vapor, calentadores de aceite térmico.	Gas L.P.	27000 m <sup>3</sup> /mes	Aislamiento térmico de líneas de aceite. Aislamiento térmico de equipo finales. Recuperación de calor. Precalentamiento de agua en caldera.

Fuente: Petróleos Mexicanos (Pemex).

## **ANEXO 6: Conceptos de uso eficiente de energía térmica**

### **A.6 Análisis fundamental y conceptual del uso de la energía térmica en las PyME** Ing. Alberto Plauchú Lima e Ing. Jorge A. Plauchú

#### **A.6.1 Algunas medidas generalmente subestimadas o ignoradas en las PyME**

- a) Distribución eficiente de carga en planta de calderas preferenciando eficiencia de planta
- b) Utilización eficiente del mínimo de equipos en servicio
- c) Operación a presión reducida en sistemas de vapor y aire comprimido
- d) Aprovechamiento del calor por pérdidas de radiación adecuando la ubicación de ventiladores de aire de combustión
- e) Uso de calderas de vapor o calentadores de fluido térmico
- f) Uso adecuado de redundancia en equipo auxiliar
- g) Análisis y rediseño de tuberías y ductos
- h) Análisis y mejoramiento de trazado térmico en tanques y tuberías
- i) Dimensionamiento adecuado de equipo auxiliar
- j) Uso de tubos térmicos en calderas o calentadores
- k) Calentamiento de agua o aire de servicio utilizado calor de productos de combustión
- l) Presión óptima en sistemas de aire comprimido
- m) Ubicación de succión de compresores en aéreas de menor temperatura
- n) Revisión y cambio de aislamiento de tuberías en ambientes grasos
- o) Revisión de blindaje de tuberías de vapor o aire caliente
- p) Sustitución impregnados de agua o aceite
- q) Aislamiento de bóvedas, techos, pisos o almacenamiento
- r) Humedad en el vapor por equipo de separación deteriorada o ineficiente
- s) Humedad en vapor en sistemas de distribución y uso de calorímetro de estrangulamiento
- t) Dimensionamiento adecuado de eyectores
- u) Uso de sistemas de limpieza continua en intercambiadores de calor

- v) Importancia del control de agua de alimentación en el desempeño de control de combustión
- w) Ubicación y altura de extractores o ventiladores
- x) Usos del vapor geotérmico además de la generación de energía eléctrica

## **A.6.2 Algunos conceptos**

1. ¿Fluye el calor?
2. Generadores de vapor sobrecalentado o solamente sobrecalentamiento de una fracción del vapor
3. Uso de calderas de alta presión o calderas de baja presión y calderas auxiliares o satélite
4. ¿Problemas de demanda?
5. ¿Problemas de capacidad?
6. ¿Es más importante el parámetro presión o el de temperatura en transferencia de calor?
7. Características de comportamiento de equipo auxiliar en equipos de bombeo, movimiento de aire, calentadores, etc.
8. Criterios y uso de redundancia de equipos auxiliares
9. Incorporación de precalentadores de aire o economizadores en calderas existentes
10. Análisis de la operación y frecuencia de paro y arranque en equipo de generación de vapor
11. Almacenamiento de calor en instalaciones de de hotelería, hospitales, restaurantes, etc., con equipo de menor capacidad de generación
12. Uso de transmisiones de fuerza efectivas y eficientes
13. Uso y recomendación de adecuados de accionamientos de velocidad variable
14. Mantenimiento en torres de enfriamiento
15. Manejo y control de purgas en sistemas de enfriamiento
16. Velocidad variable en todas o parte de las celdas en torres de enfriamiento
17. Uso del paso variable según condiciones estacionales o ambientales
18. Operación simultánea o escalonada de procesos o usuarios del calor o fuerza
19. Importancia y mejoramiento de los sistemas de medición y control
20. Importancia peso de la ingeniería en la especificación y selección de equipo nuevo, de sustitución o de reposición

## Bibliografía

Canacintra. *Sectores industriales - Bienes de Capital*. 2010 [citado 2011 Abril]; Disponible en: [http://www.canacintra.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=83&Itemid=196](http://www.canacintra.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=83&Itemid=196).

Canacintra. *Sectores industriales - Industria Metal-Mecánica*. 2010 [citado 2011 Abril]; Disponible en: [http://www.canacintra.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=88&Itemid=200](http://www.canacintra.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=88&Itemid=200).

Charles Ou, P.D., *Banking and SME Financing in the United States*, O.o.E. Research, Editor. 2006, U.S. Small Business Administration. p. 39.

Commission, E. *Small and medium-sized enterprises (SMEs) - Fact and figures about the EU's Small and Medium Enterprise (SME)*. 2011 [citado 2011 Marzo]; Disponible en: [http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/facts-figures-analysis/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/facts-figures-analysis/index_en.htm).

Conuee. *Sección de PyME*. 2010 [citado 2011 Abril]; Disponible en: <http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/Recomendacion?page=5>.

ECD, *SMEs in Mexico: Issues and Policies*. 2007, OECD: Paris.

Economía, S.d. *Contacto PyME - Información*. 2009 [citado 2011 Marzo 2]; Disponible en: [http://www.economia.gob.mx/swb/es/economia/p\\_cpyme\\_informacion](http://www.economia.gob.mx/swb/es/economia/p_cpyme_informacion).

Economía, S.d. *Programa Nacional de Microempresas*. 2011 [citado 2011 Marzo]; Disponible en: [http://www.microempresas.org.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=54&Itemid=40](http://www.microempresas.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=54&Itemid=40).

Economía, S.d., *Diario Oficial de la Federación*. 2009, D.O.F.: México, D.F.

ENGINE, *Energy Efficient Technologies for Industry and Best Practice*. 2010, ENGINE. p. 30.

Eric Masanet, E.W., Wina Graus, and Christina Galitsky, *Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Fruit and Vegetable Processing Industry: An ENERGY STAR® Guide for Energy and Plant Managers*, E.E.T. Division, Editor. 2008, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory: Berkeley, California.

Ernst Worrell, T.A., and Eric Masanet, *Managing Your Energy: An ENERGY STAR® Guide for Identifying Energy Savings in Manufacturing Plants*, E.E.T. Division, Editor. 2010, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory: Berkeley, California.

Fenosa, G.N., *Manual de eficiencia energética para PyME*, C.d.E.E.d.G.N. Fenosa, Editor. 2009. p. 460.

FIDE, *Plan de Negocios 2010: Programa de Apoyo a PyME*. 2010, FIDE. p. 13.

FIDE. *Consejos de Ahorro de Energía Eléctrica: Pequeña y Mediana Empresa*. 2011 [citado 2011 Marzo]; Available from: [http://fide.codice.com/home/interior.asp?cve\\_sub=30](http://fide.codice.com/home/interior.asp?cve_sub=30).

FIDE. *Sello FIDE: Proceso de Certificación*. 2011 [citado 2011 Marzo]; Disponible en: [http://www.fide.org.mx/home/interior.asp?cve\\_cont=203](http://www.fide.org.mx/home/interior.asp?cve_cont=203).

IEA, *Tracking industrial energy efficiency and CO2 emissions*, I.E. Agency, Editor. 2007, IEA: Paris, France.

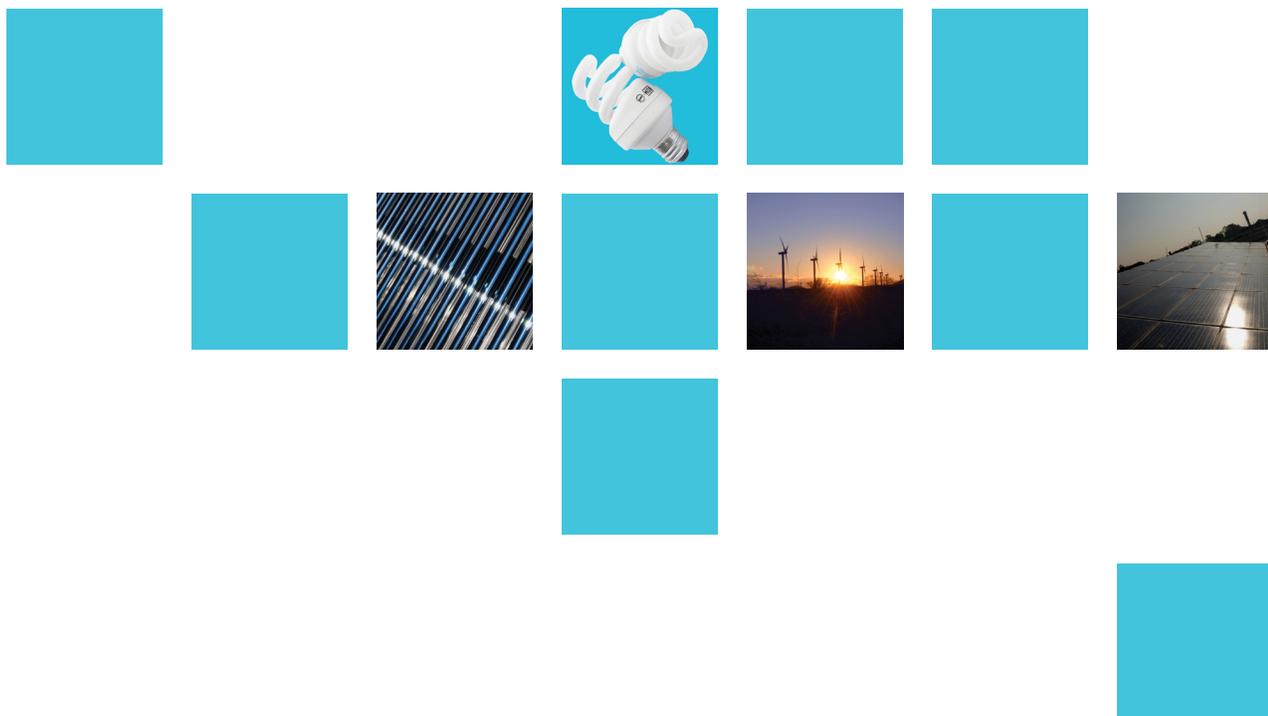
INEGI. *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. 2010 [citado 2011 March]; Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/Sistemas/denue/Default.aspx>.

Ireland, S.E., *Managing Energy: A strategic guide for SMEs*, SEI, Editor. 2004, Irish Government: Dublin.

OECD, *Science, Technology and Industry Outlook 2008*. 2008, OECD: Paris.

S. Kumar, C.V., Sizhen Peng, R. Rudramoorthy, Alice B. Herrera, Gamini Senanayake, Ly Dinh Son, *Greenhouse Gas Mitigation in Small and Medium Scale Industries of Asia*, A.I.o. Technology, Editor. 2005: Pathumthani, Tailandia.

SENER, *Estudio sobre tarifas eléctricas y costos de suministro*, S.d. Electricidad, Editor. 2008, Secretaría de Energía: México, D.F. p. 193.



© Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn/Alemania  
[www.giz.de](http://www.giz.de)

Oficina de Representación de la GIZ en México  
Torre Hemicor  
Av. Insurgentes Sur No. 826, PH  
Col. Del Valle, Del. Benito Juárez  
C.P. 03100, México, D.F.  
T +52 55 55 36 23 44  
F +52 55 55 36 23 44  
E [giz-mexiko@giz.de](mailto:giz-mexiko@giz.de)  
I [www.giz.de/mexico](http://www.giz.de/mexico)