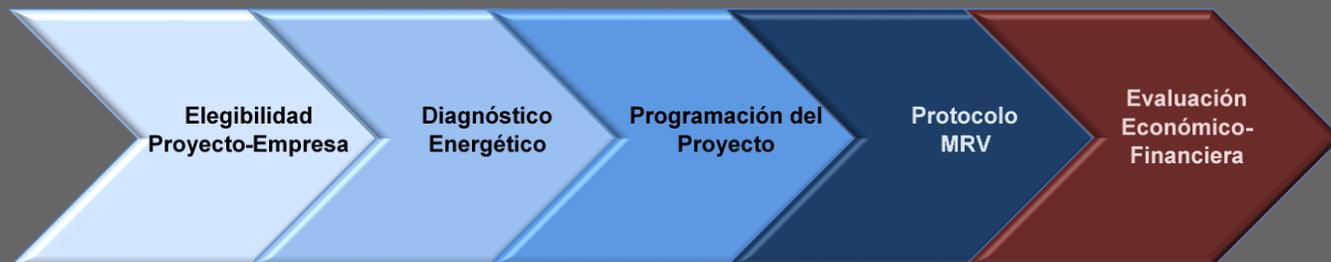




**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA

# GUIA PARA LA ELABORACION DE PLANES DE NEGOCIO DE PROYECTOS DE ENERGIA LIMPIA Volumen I

MEXICO LOW EMISSIONS DEVELOPMENT PROGRAM (MLED).  
CONTRACT: AID-523-C-11-00001



FECHA: 21 de agosto del 2014

Este informe fue elaborado por Tetra Tech ES Inc. para la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.

#### AVISO LEGAL

Las opiniones expresadas en esta publicación no reflejan necesariamente la opinión de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional ni la del Gobierno de los Estados Unidos.

[www.mledprogram.org](http://www.mledprogram.org)

## Guía para la elaboración de planes de negocio de proyectos de energía limpia

La presente guía fue elaborada por los ingenieros Javier Ortega Solís y Alejandro Gutiérrez Pérez, con la colaboración de la doctora Manuela Azucena Escobedo Izquierdo y bajo la supervisión de la licenciada Ana Silvia Arrocha Contreras, del doctor Daniel Carlos Buirra Clark y del ingeniero Mark J. Oven de Tetra Tech ES, Inc., en el marco del Programa para el Desarrollo Bajo en Emisiones de México (MLED), patrocinado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), bajo el contrato “AID-523-C-11-00001” implementado por Tetra Tech ES Inc.

Para mayor información, por favor contacte a: [info@mledprogram.org](mailto:info@mledprogram.org)

[www.mledprogram.org](http://www.mledprogram.org)

DRAFT

## Guía para la elaboración de planes de negocio de proyectos de energía limpia

# Volumen I

## Contenido

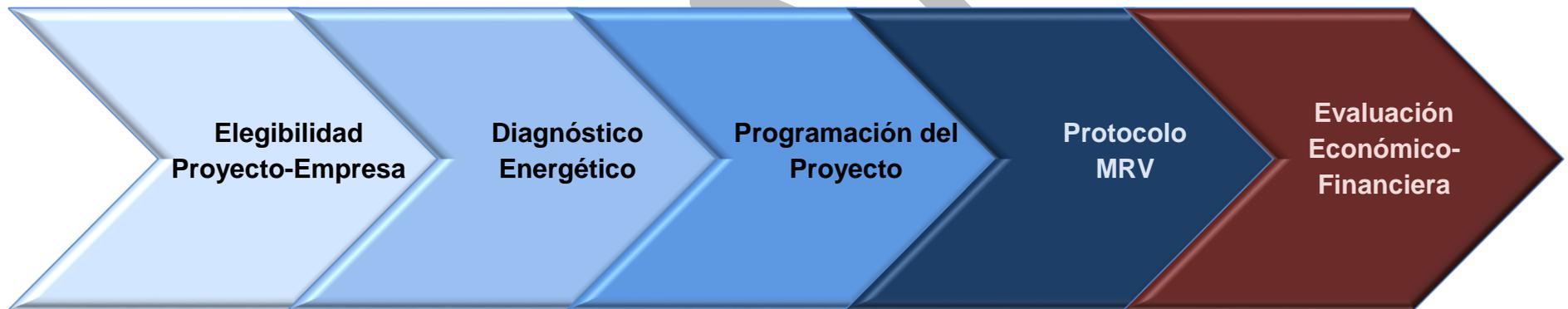
<b>GUIA RÁPIDA</b> .....	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
<b>1. Presentación</b> .....	<b>13</b>
<b>2. Marco de Referencia</b> .....	<b>13</b>
2.1 Definición de Energía Limpia .....	<b>16</b>
2.2 Aplicaciones tecnológicas consideradas .....	<b>17</b>
<b>MÓDULO I. INDICACIONES PARA LA APLICACIÓN DE LA GUÍA</b>	
I.1 Objetivo .....	<b>18</b>
I.2 Alcance .....	<b>18</b>
I.3 Estructura de la Guía .....	<b>18</b>
<b>MÓDULO II. ASPECTOS TÉCNICOS DE LOS PROYECTOS DE ENERGÍA LIMPIA</b>	<b>ENERGÍA</b>
II.1 Formulación Técnica de Proyectos de Energía Limpia .....	<b>23</b>
II.2 Diagnósticos Energéticos .....	<b>24</b>
II.2.1 Elementos Estructurales .....	<b>25</b>
II.2.2 Metodología y Desarrollo del Diagnóstico Energético .....	<b>27</b>
<b>Anexos</b>	
I.1 Abreviaturas	

- I.2 Definiciones
- I.3 Conversión de Unidades y Equivalencias
- II.1 Niveles de Diagnósticos Energéticos
- II.2 Estructura de la metodología para el desarrollo de un diagnóstico energético
- II.3 Marco Base de Análisis del Sistema Eléctrico
- II.4 Marco Base de Análisis del Sistema Térmico
- II.5 Consideraciones Técnicas de la Medición en el Diagnóstico Energético
- II.6 Formatos para el Levantamiento de Datos Generales
- II.7 Elementos Técnicos que debe cumplir una Instalación y el Suministro de Energía

DRAFT

# GUÍA RÁPIDA

## *PLAN DE NEGOCIO*



## ELEGIBILIDAD

**Elegibilidad del Proyecto:**

- Eficiencia Energética (Eléctrica, Térmica, Cogeneración)
- Energía Renovable (Solar Térmica, Solar Fotovoltaica)

**Elegibilidad de la Empresa:**

- Tamaño PyME
- Buenos Antecedentes Crediticios (Buró de Crédito y Referencias Bancarias y Comerciales)
- Adecuada Situación Financiera (Sin quiebra técnica, sobre-endeudamiento y/o falta de liquidez).

## DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

**Recopilación de Información Básica, Planeación de Actividades e inspección de las instalaciones de la empresa:**

- Recopilación de la información básica de la empresa e instalación
- Recorrido inicial y planeación de actividades

**Levantamiento de Datos y Toma de Mediciones:**

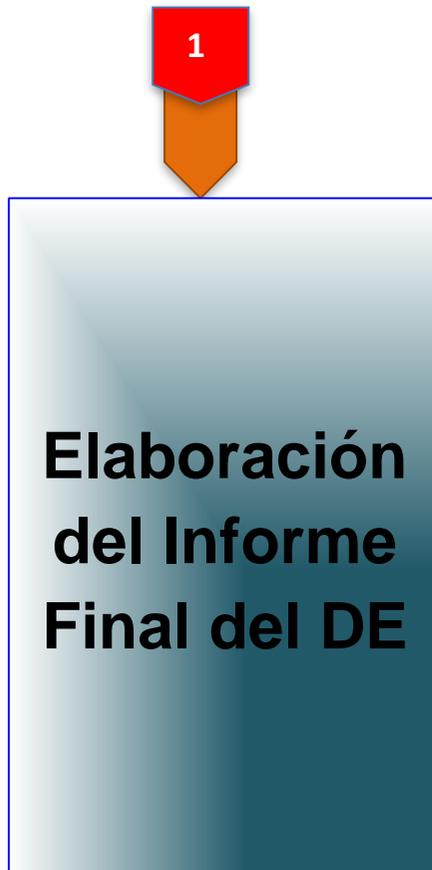
- Análisis de la Facturación Eléctrica
- Identificación de los Procesos Productivos y/o Sistemas de Uso de Energía
- Identificación de las posibles medidas de mejora energética
- Mediciones del Sistema de Energía Eléctrica
- Toma de Datos de Almacenamiento y Utilización de Combustibles
- Mediciones de Sistemas Térmicos

**Análisis de Información Documental y Mediciones:**

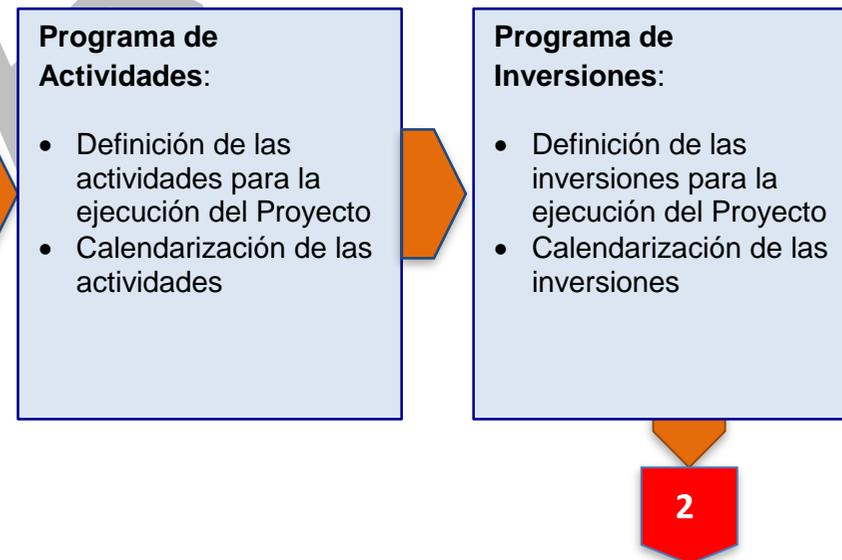
- Valoración de los Procesos Productivos y/o Sistemas de Uso de Energía
- Evaluación del Sistema de Energía Eléctrica
- Evaluación de Sistemas Térmicos
- Establecimiento del Balance de Energía y de la Línea Base
- Determinación de los Indicadores de Consumo Energético y Benchmark
- Evaluación y Determinación de las Medidas de Mejora

## PROYECTO/EMPRESA

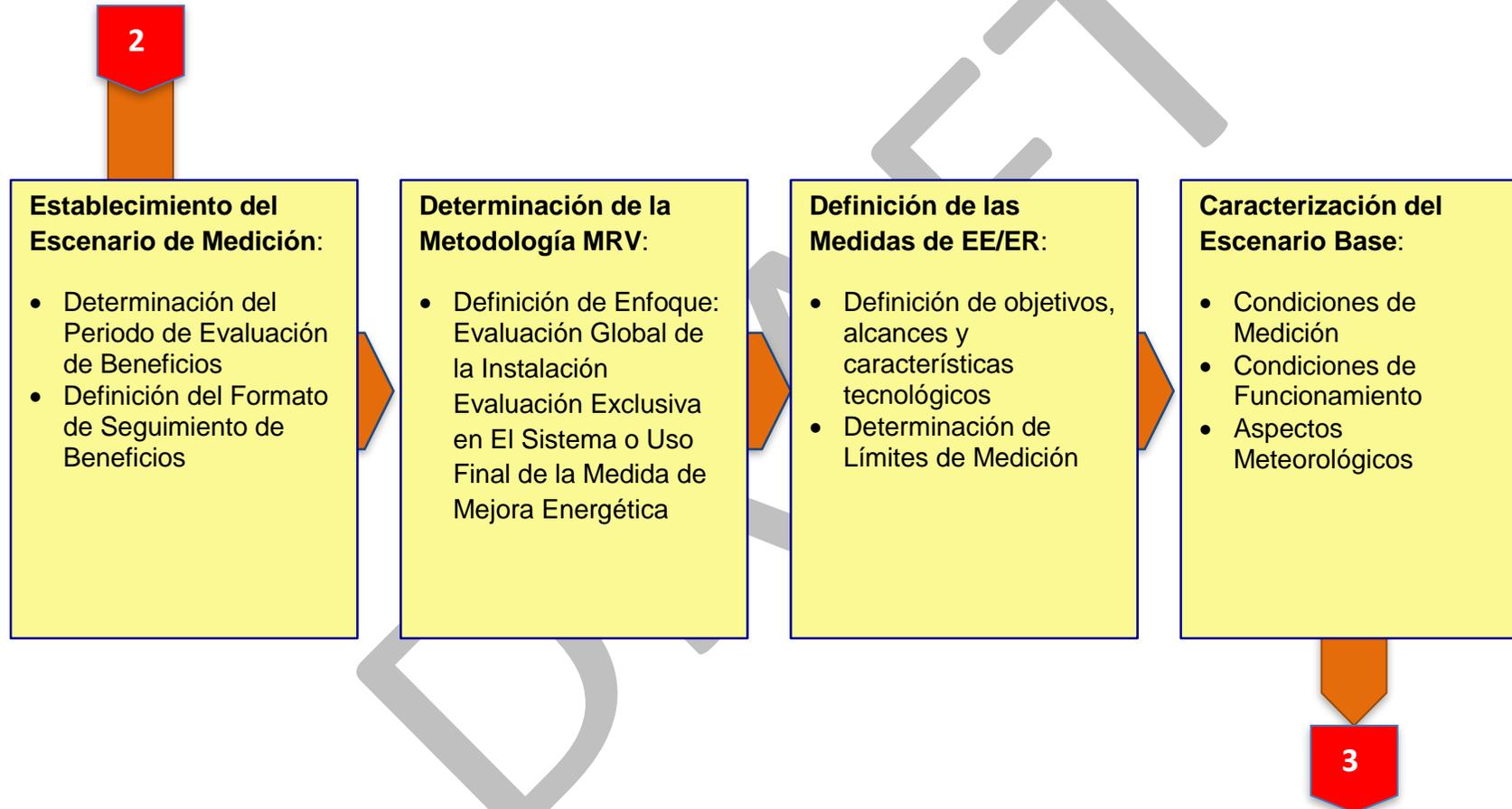
### DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO (Cont.)



### PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO



## PLAN MRV



## PLAN MRV (Cont.)

3

### Planificación y definición de roles:

- Planeación detallada de las actividades a desarrollar
- Diseño de la descripción de roles de cada ente involucrado
- Asignación de roles

### Determinación del Insumo y Cálculo del Presupuesto:

- Definición de partidas de inversión en bienes y servicios
- Programación detallada de las erogaciones para la implantación del Plan MRV

4

## EVALUACION ECONOMICA-FINANCIERA

### EVALUACION DEL PROYECTO

### Determinación de Bases y Supuestos:

1. Identificación de fuentes de ingreso: reducción de facturación energética, mantenimiento, reposición, etc.
2. Determinación de egresos: costos y gastos asociados

### Elaboración de Flujo de Efectivo:

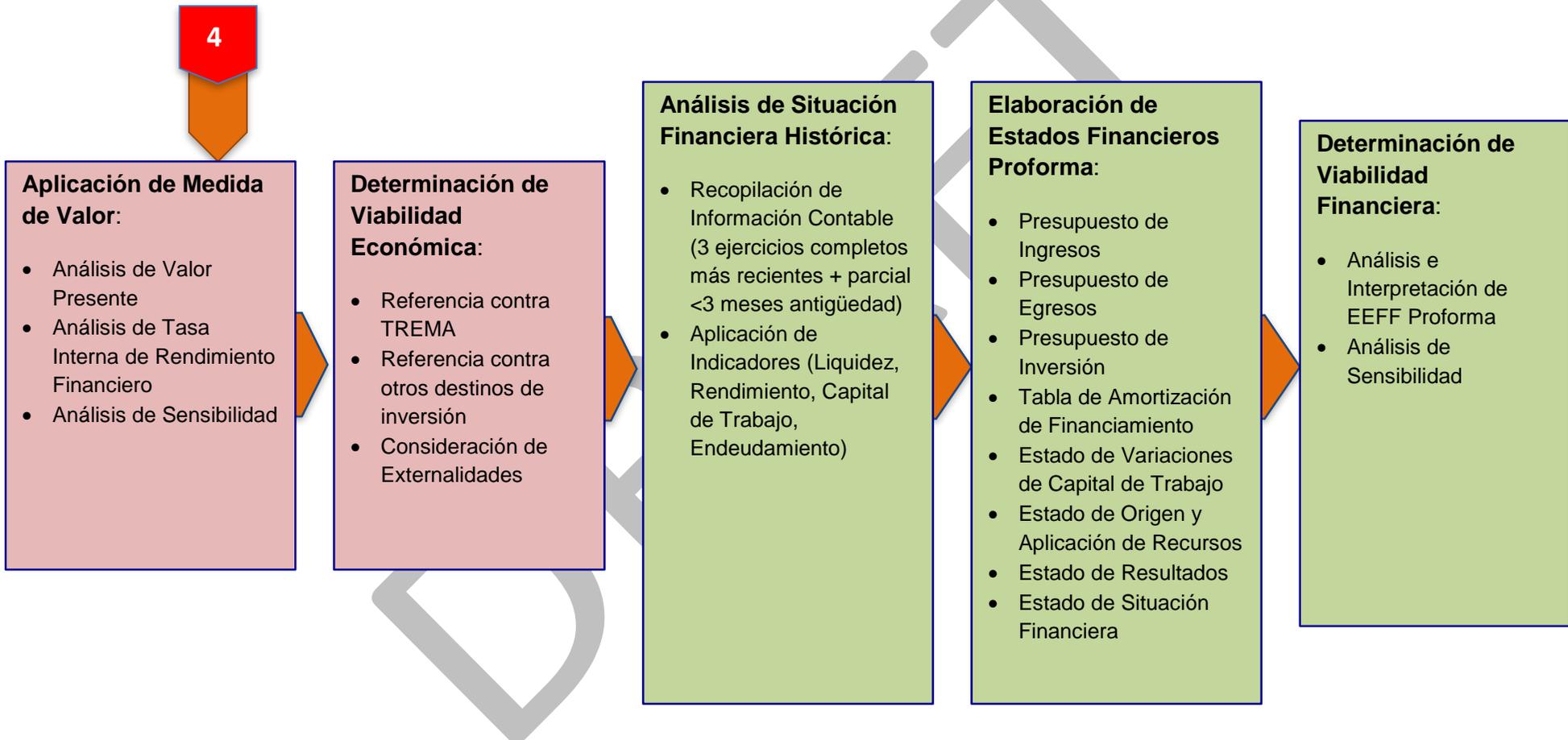
3. Definición de Escenario Proyectado
4. Aplicación de Ingresos
5. Estimación de Egresos incluidos pagos financieros
6. Aplicación de Inversiones Fijas y Corrientes

## EVALUACION ECONOMICA-FINANCIERA (Cont.)

### EVALUACION DEL PROYECTO (Cont.)

### EVALUACION DE LA EMPRESA + PROYECTO

4



## INTRODUCCIÓN

### 1. Presentación

Este documento tiene como objetivo fundamental proporcionar una guía para que firmas de consultoría especializadas en temas energéticos, asistan a empresas PyME's en la elaboración de sus planes de negocio de proyectos de energía limpia (PEL), de forma tal que puedan cubrir los siguientes requerimientos con miras a su implantación:

- Definir la viabilidad técnica de las medidas de eficiencia energética y de utilización de energías renovables que integran el proyecto.
- Diseñar las características procedimentales y de equipamiento necesarias para la instrumentación de protocolos de Medición, Reporte y Verificación (MRV).
- Definir las condiciones de rentabilidad económica del PEL y de su bancabilidad<sup>1</sup>, con miras a obtener el financiamiento apropiado para su realización, ya sea mediante recursos propios de la empresa, de terceros o la combinación de ambos.

Para el cumplimiento de este objetivo, la guía está integrada por tres volúmenes, mismos que contienen distintos módulos que tratan tópicos específicos tanto de carácter técnico energético, como de tipo económico-financiero. Lo anterior con la finalidad de que el manejo de la información sea claro y ágil.

### 2. Marco de referencia

El desarrollo tecnológico y el aumento de la población han hecho que se tenga un elevado consumo energético a nivel mundial. Si a esto aunamos que para sostener las necesidades de la población, se han tenido que utilizar de manera no adecuada los recursos naturales, se tienen condiciones de grave deterioro ambiental en el planeta.

Esta situación amenaza seriamente la ruptura del equilibrio ecológico. De hecho, todavía a finales del siglo XIX los cambios ambientales producidos por la actividad humana eran compensados por los mecanismos naturales, sin embargo, esta situación ha quedado desbordada, ya que hay evidencias de que el impacto que ha sufrido la biosfera (cuyo equilibrio y capacidad reguladora están cada vez más comprometidos) es grave, al grado

---

<sup>1</sup> Se refiere a la condición de un destino de inversión que puede ser sujeto de recibir financiamiento de una institución financiera, contemplando tanto su naturaleza de rentabilidad económica, como su viabilidad financiera dentro de la estructura operativa de la empresa promotora del mismo.

de que en el presente se observan cada vez con más frecuencia las consecuencias del Cambio Climático Global (CCG) derivado de las actividades antropogénicas.

En este sentido, después del primer informe de evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC) en 1990, de la entrada en vigor de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en 1994 y de la adopción del Protocolo de Kioto en 1997; se han incrementado sustancialmente las acciones para impulsar la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), buscando con esto alcanzar la estabilización de la concentración de bióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) en la atmósfera, así como la identificación y el análisis de las barreras que impiden la implementación de dichas acciones, destacando como una de la más importantes el financiamiento de las mismas.

Lo antes expuesto ha llevado a los gobiernos tanto de los países desarrollados, como a varios de los emergentes, a diseñar e implementar políticas dirigidas a garantizar a sus ciudadanos un menor deterioro del medio ambiente. Entre estas políticas una de ellas se refiere a fomentar el aprovechamiento de las energías renovables así como llevar a cabo acciones para un uso racional y eficiente de la energía. Ambas acciones redundan en la reducción de los impactos ambientales y en la obtención de ahorros monetarios, toda vez que se reduce la facturación por el consumo de electricidad y de combustibles fósiles; y se mitiga la emisión de contaminantes producto del consumo de las energías no renovables<sup>2</sup>.

Con base en lo anterior y en el principio de “responsabilidades comunes pero diferenciadas” establecidas en el artículo 3.1 de la CMNUCC, se han explorado, diseñado e implementado mecanismos para lograr la mitigación de GEI, entre los que destacan:

- Mercados de Carbono, específicamente los que tienen como propósito una transferencia de tecnología y financiamiento de los países desarrollados (Anexo I de la CMNUCC) a los países en desarrollo (No Anexo I de la CMNUCC).
- Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés) que fue establecido en octubre de 1991 para conceder nuevas y adicionales donaciones, así como financiamiento en condiciones favorables para cubrir los costos “incrementales” o costos suplementarios asociados con la transformación de un proyecto con beneficios nacionales, a uno con beneficios ambientales mundiales. Este Fondo reúne a 180 gobiernos miembros y es el mayor financiador para mejorar el medio ambiente.
- Protocolo de Kioto, En 1997 se adopta oficialmente el primer acuerdo formal donde se compromete a países industrializados a reducir sus emisiones de carbono en 5% con respecto a los niveles de 1990.

---

<sup>2</sup> Derivadas de en gran medida de fuentes fósiles, como son el carbón mineral, el petróleo y sus derivados.

A raíz de este protocolo se derivan los mecanismos de flexibilidad: Implementación Conjunta, Comercialización de Emisiones y el Mecanismo para un Desarrollo Limpio.

El Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) ha sido, hasta ahora, la iniciativa de mayores resultados, sin embargo, sus limitaciones y la búsqueda de otros medios por parte de países como Estados Unidos de América que son parte de la CMNUCC, pero que no ratificaron el Protocolo de Kioto, han dado lugar a otros mecanismos de mercado y medios de financiamiento que contribuyan a la mitigación de las emisiones de GEI.

Adicionalmente, en México se han puesto en marcha fondos de financiamiento para impulsar directa o indirectamente acciones de mitigación, en algunos casos mediante apoyos para desarrollar proyectos bajo el MDL y otros mecanismos de mercado, así como también financiamiento a acciones de eficiencia energética y aprovechamiento de energías renovables que tienen un alto impacto en materia de reducción de GEI. Los fondos existentes son el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica, el Fondo Mexicano de Carbono y el Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de Energía, y más recientemente el Fondo Sectorial de Innovación de la Secretaría de Economía - CONACYT, cuyas características y actividades realizadas se desarrollan en este mismo reporte más adelante.

En el Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012, el Gobierno de México estableció metas de reducción de emisiones de GEI a corto (2012), mediano (2030) y largo (2050) plazo, mismas que buscan contribuir a la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera, mediante la meta aspiracional al año 2050 en la que México plantea reducir sus emisiones en un 50% con relación a las emitidas en el año 2000; con lo que se alcanzarán emisiones per cápita equivalentes a las que a nivel global se deben alcanzar a fin de que la concentración de las mismas no supere las 450 partes por millón de bióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e), lo que permitiría limitar el incremento de la temperatura superficial terrestre a un promedio entre 2°C y 3°C.

En este contexto, México ha venido desarrollando políticas y estrategias que han impulsado la eficiencia energética y el uso de las energías renovables. Una de las instituciones gubernamentales que ha tenido una participación activa es sin lugar a dudas Nacional Financiera (NAFIN), dependencia que ha venido apoyando el desarrollo de éste tipo de proyectos mediante programas y productos<sup>3</sup> financieros que impulsan y aceleran los proyectos sustentables<sup>4</sup>.

Por otra parte, la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID por sus siglas en Inglés) ha venido brindando asistencia técnica a las iniciativas del Gobierno Mexicano en sus esfuerzos para desarrollar e implementar una estrategia de -desarrollo bajo en emisiones (LEDS) a largo plazo; así como los esfuerzos del gobierno para ampliar las acciones de monitoreo, reporte y verificación (MRV) de gases de efecto invernadero (GEI) y la promoción de tecnologías de energía limpia, como es el caso de la

---

<sup>3</sup> Entre los productos financieros que ofrece NAFIN se contemplan mecanismos de liquidez temporal específicos para cada proyecto, fondeo de largo plazo en pesos a bancos extranjeros, financiamiento de proyectos y garantías selectivas a proyectos calificados por intermediarios financieros.

<sup>4</sup> NAFIN ha brindado dos créditos importantes, ambos para el aprovechamiento de la energía eólica, uno de 250 MW, con una inversión total de 570 millones de dólares y el otro de 90 MW.

todavía reciente implementación del Programa para el Desarrollo Bajo Emisiones de México (MLED).

Con base en lo antes expuesto, el Programa MLED de la USAID y NAFIN han signado un acuerdo de entendimiento para que USAID brinde asistencia técnica a NAFIN para el fortalecimiento del diseño de su Programa de Financiamiento de Energía Limpia, mismo que se encuentra en etapa de desarrollo.

En éste sentido, se presenta a continuación una guía que establece los lineamientos generales para la elaboración de planes de negocio de proyectos de energía limpia, misma que podrá ser utilizada fundamentalmente por consultores especializados que asistan a las empresas usuarias que deseen obtener financiamiento para su implementación.

Cabe señalar que la guía se enfoca principalmente a empresas privadas de los tres sectores económicos (industria, comercio y servicio), aunque las medidas aquí presentadas podrían también aplicarse al sector público.

## **2.1 Definición de Proyectos de Energía Limpia**

En el contexto de la presente guía se definen a los Proyectos de Energía Limpia (PEL's) como aquellos consistentes en la aplicación de tecnologías o medidas de mejora específicas que coadyuvan a reducir tanto el consumo de energía a nivel de uso final (Eficiencia Energética), como la utilización de fuentes naturales que no generan impacto ambiental negativo, no contaminen y utilicen recursos continuos y/o renovables para la generación de energía eléctrica y térmica (Energía Renovables); así como el aprovechamiento de energía residual (Cogeneración).

Todas ellas en su conjunto tienen como principal objetivo obtener un mayor rendimiento energético del que se tenía originalmente, siempre y cuando lo anterior no signifique una disminución de la productividad, de la calidad de la energía o del nivel de confort del servicio que entreguen.



Fuente: Desarrollado por el Equipo MLED

## 2.2 Aplicaciones tecnológicas consideradas

Las aplicaciones tecnológicas que se consideraron en la presente guía están enfocadas a las PyMEs de los sectores Industrial, Comercio y Servicios del país que requirieran para la implementación de sus PEL's, inyección de recursos de capital o financiamiento bancario. Por ello, el presente documento contempla medidas de sustitución tecnológica, ya sea en su modalidad de sustitución parcial (retrofit), o mediante la sustitución total de equipo. También toma en cuenta aquellas medidas donde exista la modificación o construcción de un sistema.

Por lo anterior, medidas de eficiencia energética que sean del tipo de mejores prácticas operativas y/o de mantenimiento quedan fuera del alcance de este documento. Sin embargo, en los anexos de la guía se brinda la bibliografía relativa a estas medidas que puede ser consultada y utilizada por los encargados de mantenimiento y operadores.

Cabe señalar que no es práctica común en las empresas que se cuente con sistemas que aprovechen las energías renovables o que existan proyectos de cogeneración, esto debido a la falta de promoción en el mercado de estos sistemas así como a la desconfianza en la efectividad de los mismos. No obstante lo anterior, hay un gran potencial en el desarrollo de ambos sistemas, por lo que en la guía se tocan ambos tópicos en un módulo destinado a éstos.

## Módulo I. Indicaciones para la aplicación de la Guía

### I.1 Objetivo

El objetivo principal de la presente guía es exponer una serie de medidas que fueron previamente identificadas<sup>5</sup> y que son atractivas para ser sujetas de crédito bancario, las cuales permitirán a las empresas PyMEs implementarlas para mejorar el uso de la energía y con ello, mitigar la generación de contaminantes atmosféricos de escala local y global.

Con el cumplimiento de este objetivo, los beneficios que se esperan alcanzar son:

- Reducir el consumo de energía (eléctrica y combustibles).
- Disminuir los costos por el uso de los energéticos.
- Incrementar la productividad y competitividad en las empresas al mejorar la tecnología que utilizan.
- Obtener un atractiva recuperación de la inversión de la implementación de los proyectos.
- Prolongar la vida útil de los equipos e instalaciones reduciendo los costos de mantenimiento.
- Mejorar las condiciones de seguridad laboral.
- Reducir la emisión de contaminantes atmosféricos locales y globales (gases efecto invernadero).

### I.2 Alcance

La guía contempla que las medidas se podrán implementar en los Sectores Industrial, Comercial y de Servicios, donde los proyectos pueden ser implementados tanto en nuevas instalaciones, como en conversiones tecnológicas totales o parciales (retrofit), contemplando también el aprovechamiento de las energías renovables y energía residual.

### I.3 Estructura de la Guía

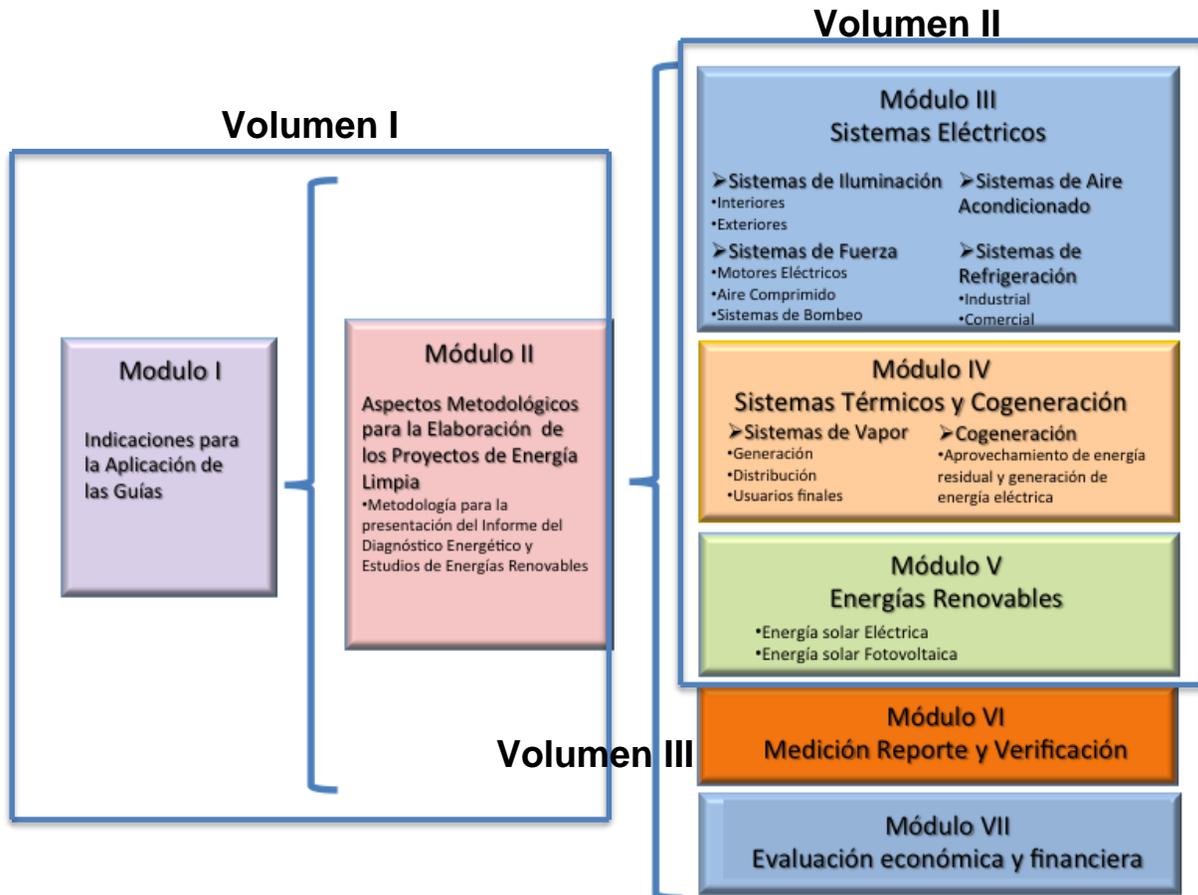
La guía está dividida en tres volúmenes, cada uno de estos estructurado mediante módulos para su mejor comprensión y podrá ser utilizado preferentemente por ingenieros y técnicos especialistas en temas energéticos.

En la Ilustración 2 se presenta la forma como está estructurada la guía:

---

<sup>5</sup> Análisis realizado por MGM como parte del Programa MLED.

Ilustración 2. Sistemas de Energía Limpia que contempla la Guía (secciones básicas)



Fuente: Equipo MLED

## Volumen I

**Módulo I. Indicaciones para la Aplicación de la Guía.** En éste se da una breve explicación de cómo está estructurada la guía y de los módulos de la cual está compuesta.

**Módulo II. Aspectos Técnicos de los Proyectos de Energía Limpia.** Se presenta la estructura que se debe de cumplir para presentar un proyecto de energías limpias ante una institución financiera y/o inversionistas.

## Volumen II

**Módulo III. Sistemas Eléctricos.** La eficiencia energética en los Sistemas Eléctricos se divide en cinco áreas, iniciando con los Sistemas de Iluminación, donde se presenta en primer término su evaluación en oficinas y espacios en interiores y, en segundo lugar, en alumbrado de exteriores. En segundo término se evalúan los Sistemas de Fuerza, donde la primera medida contempla la sustitución de motores eléctricos estándar, por motores de alta eficiencia o Premium y la segunda medida se refiere a la aplicación de variadores de frecuencia. Dentro de los Sistemas de Fuerza se contemplan los Sistemas de Aire Comprimido y a los Sistemas de Bombeo, donde en cada uno de ellos las medidas de eficiencia energética a evaluar es la sustitución tecnológica tanto de compresores de aire, como de bombas centrífugas. Es importante destacar que hay dos sistemas que se ubican entre la parte eléctrica y térmica, sin embargo, como el consumo de energía es eléctrico, estos se contemplan en este módulo, y nos referimos a los sistemas de aire acondicionado y refrigeración.

**Módulo IV. Sistemas Térmicos y Cogeneración.** Las medidas que se contemplan son en primera instancia los Sistemas de Vapor que principalmente se enfocan a los procesos de transferencia de calor; mientras que en segundo término, están los proyectos de Cogeneración, los cuales por su propia definición, comprenden la parte térmica y la parte eléctrica.

**Módulo V. Energías Renovables.** En el módulo se considera el aprovechamiento de la energía solar, en sus dos usos principales, la conversión de la energía para la generación de electricidad (sistemas fotovoltaicos) y la generación de calor (sistemas térmicos).

## Volumen III

**Módulo VI. Medición Reporte y Verificación (MRV).** En este módulo se presentan procedimientos básicos para el diseño de protocolos de MRV aplicables a los distintos tipos de medidas de eficiencia energética y de energías renovables considerados en la guía, así como del tipo de equipamiento que deberá contemplarse para su instalación y operación.

## Volumen IV

**Módulo VII. Evaluación Económica y Financiera.** El módulo sienta las bases para la evaluación económica y financiera de las medidas de energía limpia contempladas, definiendo los procedimientos de ingeniería económica y de técnica financiera acordes a las necesidades tanto de las propias empresas usuarias, como de las instituciones financieras e inversionistas que llegasen a participar en la implantación de los proyectos.

Además de los módulos antes mencionados y complementarios a éstos, en los anexos III.2 “Otras Medidas de Eficiencia Energética en el Área Eléctrica” y IV.2 “Otras Medidas de Eficiencia Energética en el Área Térmica”, se presentan una serie de recomendaciones para procurar la correcta implementación de las medidas, las cuales describen las normas nacionales que se deben cumplir en las instalaciones, así como algunos lineamientos que se deben atender en lo que respecta al suministro de la calidad de la energía eléctrica.

Ambos elementos se presentan en la sección de anexos de la presente guía, por lo que se recomienda a los lectores de este documento que además de estas recomendaciones, tomen en cuenta las sugerencias y las observaciones que indiquen los fabricantes de los equipos en cuestión, ya que estos conocen con mayor detalle las particularidades de operación y mantenimiento de los mismos. Por esta razón, se hace hincapié en que nunca se deje de consultar a los técnicos especialistas en materia de instalación, mantenimiento y operación.

Es importante mencionar que una cuestión fundamental para garantizar el éxito de la implementación de las medidas es que éstas cumplan con las leyes, reglamentos y normatividades vigentes, tanto del ámbito federal, como del estatal y municipal; principalmente las normas expedidas por la SENER, la STPS, SEMARNAT y SSA; así como las indicadas por la CONUEE, FIDE, CRE y CFE.

En cada una de las medidas contempladas en la guía se señalan las normatividades que se deben de cumplimentar y en los anexos respectivos se dan las observaciones complementarias de este tipo.

En términos generales, la guía contempla 16 medidas de evaluación o de proyectos a realizar, entre los sistemas de eficiencia energética (eléctrico y térmico), la cogeneración y las energías renovables. Estas se presentan en la Tabla 1.



**Tabla 1. Listado de Medidas de Energías Limpias**

Nomenclatura	Nombre de la Medida	Tipo de Sistema	Tipo de Subsistema
MEEI-1	Sustitución tecnológica total o parcial en el Sistema de Iluminación en Interiores	Iluminación	Iluminación Interior
MEEI-2	Sustitución tecnológica total o parcial el Sistema de Alumbrado Exterior	Iluminación	Iluminación Exterior
MEEME-1	Sustitución de Motores Eléctricos Estándar por Motores de Alta Eficiencia o Premium	Sistema de Fuerza	Motores Eléctricos
MEEME-2	Aplicación de Variadores de Frecuencia	Sistema de Fuerza	Motores Eléctricos
MEEAC-1	Sustitución de Compresores de Aire	Sistema de Fuerza	Aire Comprimido
MEEAC-2	Instalación de tanque pulmón para reducir los tiempos de operación del compresor de aire	Sistema de Fuerza	Aire Comprimido
MEEB-1	Sustitución de Bomba de Baja Eficiencia por Bomba de Mayor Eficiencia	Sistema de Fuerza	Bombeo
MEEAA-1	Sustitución de Equipos Unitarios de un Bajo EER por un Equipo Unitario de Mayor EER	Sistemas Eléctrico – Térmico	Aire Acondicionado
MEER-1	Cambio del Sistema de Aire Acondicionado	Sistemas Eléctrico – Térmico	Refrigeración
MEEST-1	Sustitución del Generador de Vapor	Sistemas Térmicos	Sistema de Vapor y fluidos térmicos

Nomenclatura	Nombre de la Medida	Tipo de Sistema	Tipo de Subsistema
MEEST-2	Aislamiento Térmico en el Sistema de Conducción de Vapor y Retorno de Condensados	Sistemas Térmicos	Sistema de Vapor y fluidos térmicos
MEEST-3	Aislamiento Térmico en Tanques de Almacenamiento de Fluidos Térmicos o de Proceso	Sistemas Térmicos	Sistema de Vapor y fluidos térmicos
MEEST-4	Instalación de un Sistema de Retorno de Condensados (trampas de vapor)	Sistemas Térmicos	Sistema de Vapor y fluidos térmicos
MELCI-1	Aprovechamiento de Energía Residual para Instalar un Sistema de Cogeneración	Sistemas Térmicos – Eléctrico	Sistemas Térmicos – Eléctrico
MELSF-1	Sistemas de Alumbrado	Sistemas Energías Renovables de	Sistemas Fotovoltaicos
MELST-2	Calentamiento de Agua	Sistemas Energías Renovables de	Sistemas Solares Térmicos

Fuente: Equipo MLED

## MÓDULO II ASPECTOS TÉCNICOS DE LOS PROYECTOS DE ENERGÍA LIMPIA

### II.1 Formulación Técnica de Proyectos de Energía Limpia

Como se ha comentado, las instalaciones consumen una cantidad importante de energía, la cual debe ser racionalizada y optimizada, de tal manera que se preserve por lo menos la misma calidad del servicio original. Para tal efecto, se pueden realizar acciones que aprovechen mejor el uso de la energía (proyectos de eficiencia energética), o bien, que aprovechen el uso de las energías renovables, en sustitución de las energías convencionales. Una forma de estructurar un Proyecto de Energía Limpia en un contexto de inversión es la que se muestra a continuación:

#### Etapa 1. Diagnóstico energético

- Análisis del consumo energético (eléctrico y combustibles)
- Evaluación de las condiciones de operación de las instalaciones
- Evaluación técnica de las Medidas de Energías Limpias
- Evaluación de la rentabilidad de las inversiones

#### Etapa 2. Programación de Proyecto

- Determinación del programa de actividades
- Determinación del programa de inversiones

#### Etapa 3. Monitoreo, Reporte y Verificación de Resultados

- Medición de las variables energéticas
- Seguimiento de los resultados
- Verificación de los resultados

#### Etapa 4. Evaluación Financiera-Económica

- Rentabilidad de las Inversiones
- Adecuación de las condiciones financieras de la empresa promotora del PEL

Es importante destacar que un elemento fundamental en la integración de un plan de negocio es el Diagnóstico Energético, el cual se debe efectuar en las instalaciones productivas de las empresas, por lo que una vez desarrollado este estudio se puede proceder a la elaboración de los siguientes elementos del plan de negocio.

Por último y para asegurar que los objetivos de los proyectos se cumplan tanto en el mejor aprovechamiento de la energía, como la parte económica y ambiental, la formulación debe contemplar el diseño de un Sistema de Medición Reporte y Verificación (Plan MRV), cuyas características se presentan en el módulo VI de esta guía.

## II.2 Diagnósticos Energéticos

El Diagnóstico Energético<sup>6</sup> es un instrumento imprescindible para saber cuánto, cuándo, cómo, dónde y por qué se consume la energía, así como la forma para establecer el grado de eficiencia en su utilización. El resultado del Diagnóstico Energético es la identificación de medidas (proyectos) de eficiencia energética y energías renovables. Para que al implementar dichas medidas se reduzcan los costos de adquisición de los energéticos (electricidad y combustibles) además de la mitigación del impacto ambiental. Estas medidas pueden ser de cuatro tipos:

- **Medidas de Mejores Prácticas Operativas.** Éstas son cambios en la forma de operar los equipos o modificación en la cultura de las personas, donde por dicho cambio se logra una mejor utilización de los equipos o sistemas logrando un mejor aprovechamiento de la energía. Este tipo de medidas son de muy bajas inversiones y sus resultados son casi inmediatos. Las inversiones son del tipo de capacitación y difusión.
- **Medidas de Mejores Prácticas de Mantenimiento.** Fundamentalmente son actividades que se enfocan a mejorar las prácticas que lleva a cabo el área encargada del mantenimiento. Estas medidas son de bajas a medianas inversiones, pues implican reprogramar las actividades y tiempos de mantenimiento a los equipos, mientras que en otros casos consisten en mejorar las prácticas usuales.
- **Medidas de Sustitución Tecnológica.** Se consideran aquellas medidas que representen una sustitución parcial o adecuación tecnológica (retrofit) ya sea en un equipo o en un sistema, o bien, la sustitución tecnológica total. El nivel de inversión de este tipo de medidas es considerado de medio a alto. Se considera que retrofit es cambiar y adecuar una parte del equipo o sistema con el propósito de que este brinde un servicio con mayor eficiencia energética. En contraste, en la sustitución total, se cambia todo el equipo de una eficiencia estándar, por otro equipo de una mayor eficiencia o alta eficiencia. En estas medidas se incluye el aprovechamiento de las energías renovables.
- **Medidas de Gestión de la Energía.** Son aquellas acciones tendientes a la gestión y administración de la energía, tales como control de la demanda, monitoreo y control de las operaciones para el uso eficiente y racional (automatización de procesos), entre otras actividades.

Para efectos de la presente guía a continuación se definen tres niveles de diagnósticos energéticos, los cuales están en función del nivel<sup>7</sup> de profundidad del análisis que se desee llevar a cabo. La descripción de cada uno de estos niveles se expone en el anexo II.1.

---

<sup>6</sup> Definición tomada de la “Guía para Elaborar un Diagnóstico Energético en Inmuebles”, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, 2011, México.

<sup>7</sup> “Diagnósticos Energéticos”. Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía. Secretaría de Energía. México 1995

La presente guía considera que la selección del nivel en el que se desarrollará el Diagnóstico Energético, estará fundamentalmente en función del tamaño y de la clasificación de la empresa PyME, esto es, el de primer nivel eminentemente para empresas micro y pequeñas, mientras que un segundo nivel, se aplicaría básicamente en empresas medianas. Para el caso del tercer nivel, este se aplicará principalmente en proyectos de cogeneración, donde el grado de profundidad del diagnóstico energético requiere ser mayor.

Es importante considerar que además de comprender el análisis del uso de la energía, deben de considerarse dos acciones más:

- Verificar que las condiciones de las instalaciones cumplan con estándares de seguridad y confort operacional. Para tal efecto, se contempla verificar el cumplimiento de la normatividad vigente aplicable en cada caso<sup>8</sup> mediante la revisión documental que acredite dicho cumplimiento.
- Verificar la calidad de la energía eléctrica que se suministra a los equipos evaluados. Una instalación en malas condiciones o una mala calidad en el suministro de la energía eléctrica (presencia de armónicas, bajo factor de potencia o bajo o alto voltaje entre otros) provocarían que con el proyecto no se obtenga una operación adecuada.

Ambos puntos son muy importantes en el correcto desarrollo de los proyectos a implementar, ya que un bajo desempeño o una incorrecta operación pueden generar desperfectos en los equipos y afectar su vida útil, provocando que se tenga que dar mantenimiento mayor o incluso sustituir un equipo antes de lo previsto. De acuerdo con esto, los costos se incrementarían rápidamente, ya sea en forma de reparaciones o en adecuaciones adicionales al proyecto, además de provocar que la vida útil de los equipos sea menor, lo que no afectaría las garantías de funcionalidad. Por estos motivos, es relevante considerar las recomendaciones que se vierten en el anexo II.5 “Elementos Técnicos que debe cumplir una Instalación y el Suministro de Energía”.

Dentro de la evaluación de las medidas de mejora energética se sugieren a los lectores una serie de metodologías que se pueden utilizar en los cálculos de los proyectos referidos a las distintas aplicaciones tecnológicas, que a su vez, tienen su ámbito de uso en diversas actividades económicas<sup>9</sup>.

## II.2.1 Elementos Estructurales del Diagnóstico Energético

Los elementos que estructuran un Diagnóstico Energético (DE) son tres: el primero es la contabilidad energética, elemento que establece tanto los costos de los energéticos, como el nivel de su consumo en la empresa diagnosticada en un determinado periodo; además define los indicadores energéticos de acuerdo a la actividad económica. El segundo elemento es el análisis de las áreas de oportunidad de proyectos de energía limpia. Aquí

<sup>8</sup> Esto se refiere a que se cumpla las normas de seguridad y las ambientales.

<sup>9</sup> Se refiere a la clasificación establecida por el INEGI.

se realizan las estimaciones de la reducción en el consumo energético y los beneficios económicos, además de los ambientales, que se obtendrían al implementarlas. Por último, el tercer elemento es la programación del proyecto donde la empresa usuaria, de acuerdo a sus políticas internas y a sus necesidades, establecerá un calendario definiendo las actividades a ejecutar con su respectivo presupuesto.

Los elementos antes mencionados se definen como a continuación se muestra:

**A. Contabilidad Energética.** Esta se refiere al análisis de la facturación de los energéticos y su relación con la actividad económica de la empresa, además se contabilizan los flujos de energía en cada una de las etapas de la cadena productiva en un período determinado (generalmente un año).

- **Balance de Energía.** El balance energético precisa como se distribuye el consumo de la energía en los sistemas y equipos que conforman las instalaciones. Dicha distribución es tanto porcentual, como en términos energéticos (eléctricos y combustibles). Para ilustrar de mejor manera dicha distribución, se utilizan diagramas de Sankey, los cuales pueden presentar un balance general o balances energéticos de los equipos y áreas particulares donde se identifiquen los potenciales de ahorro de energía y se apliquen las tecnologías renovables. En el mismo diagrama se ilustra tanto el consumo de energía, como las pérdidas respectivas.
- **Estimación de Indicadores Energéticos.** Consiste en analizar los datos de los consumos y costos de los energéticos, versus la cantidad de producción o número de servicio o volumen de ventas. Con esto se establece la variación de los índices energéticos de la empresa en un determinado periodo de tiempo, que puede ser por día, por semana, por mes, por año o por el periodo que más representen las operaciones de la empresa. Además, se puede establecer un benchmark, ya sea interno o de acuerdo al sector económico que le corresponda.
- **Línea Base de Consumo.** Con base en el análisis de la facturación, en los indicadores energéticos y en el balance de energía, se establece la línea base de consumo (LBC), la cual ayudará al seguimiento y evaluación de las medidas implementadas. Esta LBC se debe definir al menos durante un periodo de un año, en el cual se identifique el consumo de energía mensual.

**B. Evaluación de las áreas de Oportunidad de Proyectos de Energías Limpias.** En este apartado se identifican las áreas de oportunidad que ofrecen potencial de eficiencia energética o el aprovechamiento de energías renovables o energía residual para cogeneración. Para tal efecto es necesario determinar:

- El potencial de reducción de energía (eléctrica, térmica o combustible) mediante la aplicación de una tecnología específica.
- El potencial de ahorro económico y del periodo de recuperación de la inversión, con base en los costos de implementación del proyecto, del mantenimiento y del MRV.
- El establecimiento del beneficio ambiental a lograr después de la implementación del proyecto, en base anual.

**C. Programación del Proyecto.** Una vez desarrollado los dos puntos anteriores y en concordancia a las políticas de la empresa diagnosticada, se elabora un Programa de Actividades para la ejecución de los proyectos de energía limpia identificados y evaluados. En dicho Programa se especifica las fechas, metas y responsabilidades de la implementación. En segundo lugar, se establece un Programa de Inversiones de las actividades que se van a desarrollar, definiendo los equipos y el presupuesto que se erogará.

## II.2.2 Metodología y Desarrollo del DE

La metodología para realizar un diagnóstico energético se integra de cuatro pasos:

El primer paso comprende la recopilación de información básica de la empresa y la planeación de actividades para la visita de inspección de las instalaciones de la empresa.

El segundo paso es el trabajo de campo, donde se practicarán mediciones que tendientes a definir el perfil energético y operacional de la empresa así como se identificarán las medidas de energías limpias, para ello se efectuarán las mediciones correspondientes que permitan realizar el siguiente paso.

El tercer paso corresponde al análisis de la información obtenida y recabada durante la visita de campo (tanto documental como de las mediciones practicadas) donde se evaluará dos elementos, la estructura de los sistemas consumidores de energía que integran a la empresa para establecer la contabilidad energética y en segundo término la evaluación de las áreas de oportunidad de proyectos de energías limpias. Cabe resaltar que el método de evaluación de cada medida identificada se deberá consultar los Módulos III, IV y V de la presente guía.

Por último, con base en las tres tareas anteriores se realiza el cuarto paso, que es la redacción del informe, donde de manera ordenada y secuencial se reportan las actividades desarrolladas, tanto de las mediciones efectuadas, como los hallazgos encontrados y las medidas de mejora energética que se implementarán en la empresa.

## II.2.3 Procedimiento General para la Evaluación de las Medidas de Eficiencia Energética

Para la evaluación de las Medidas se deben seguir los siguientes pasos:

### Paso 1. Situación Actual

**Actividad 1) Levantamiento de la Información<sup>10</sup> y descripción de las condiciones de operación y mantenimiento.**

---

<sup>10</sup> Fuente: Manual de Trabajo para el Levantamiento de Información. Programa de Ahorro de Energía en Inmuebles. Módulo de Iluminación. CONAE, Secretaría de Energía, 2001. México.

En este punto se debe de recabar la información con la que se realizará la evaluación de las medidas, por lo que deberá en todos los casos zonificar las áreas que componen el inmueble donde se ubique la empresa. Dicha zonificación se realizará especificando la nomenclatura de cada área de acuerdo con los planos arquitectónicos o un layout de las instalaciones.

La nomenclatura de la zonificación se tomará del “Manual de Trabajo para el Levantamiento de Información. Programa de Ahorro de Energía en Inmuebles”. Módulo de Iluminación. CONAE, Secretaría de Energía, 2001. México<sup>11</sup>. Para esta actividad se recomienda utilizar los formatos presentados en el Anexo II.4 y III.1.

También determinar las horas de operación de los equipos a evaluar por tipo y por área, esto es, horas de operación por cada día laboral, por fin de semana, días laborales por año y días no laborales por año.

**NOTA:** Las demás actividades a desarrollar se presentan en cada una de las medidas.

### **Actividad 2) Toma de mediciones eléctricas**

Las mediciones que se tomarán se presentan en el capítulo correspondiente a la descripción del procedimiento de cada medida de mejora energética en particular, misma que se presenta en apartados posteriores de esta guía.

### **Actividad 3) Análisis de las mediciones y cálculos para determinar el perfil de operación**

Las actividades que se tienen que desarrollar se presentan en la descripción de la medida de mejora en particular. Adicional a estas acciones se tienen que estimar los siguientes parámetros para establecer el perfil de los equipos:

#### **Demanda y Consumo de Energía**

- Establezca la demanda máxima, mínima y promedio del sistema, el horario del día en que se presenta.
- Describir el comportamiento del perfil de demanda mediante las gráficas obtenidas a partir de las mediciones continuas.
- Determine el consumo de energía por hora y por día.
- Estime el consumo de energía mensual y anual del sistema evaluado.

#### **Determinación del Costo Operativo**

Esto se refiere a la suma de todos los costos involucrados en la operación de los equipos de iluminación, el cual se estima como:

---

<sup>11</sup> [http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/6851/2/manual\\_met\\_ilum.pdf](http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/6851/2/manual_met_ilum.pdf)

$$CO = \sum \text{costos} = \left[ \frac{\$}{\text{año}} \right]$$

Donde CO es el Costo Operativo de los equipos.

La suma de los costos que se debe de considerar:

- Costo por demanda de energía.
- Costo por consumo de energía.
- Costos por mantenimiento (mano de obra y sustitución de equipos de acuerdo a la vida útil de los equipos).
- Otros costos.

### Impacto Ambiental, Emisiones Anuales de CO<sub>2</sub>

La estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> se obtendrá del producto de la energía anual consumida por el factor de emisiones<sup>12</sup>.

### Índice específico de consumo de energía<sup>13</sup>

Este índice se calculará de acuerdo con las condiciones de operación y/o producción, para determinar así los índices específicos del equipo consumidor de energía eléctrica. Esto se expresa en la siguiente ecuación:

$$ICE = \frac{\text{Condiciones de Operación y/o de Producción}}{\text{Consumo de Energía}} = \left[ \frac{\text{litros}}{kWh} \right] = \left[ \frac{m^3}{kWh} \right] = \left[ \frac{\text{piezas}}{kWh} \right]$$

Donde **ICE** es el índice del Consumo Energético

## Paso 2. Situación Propuesta

### Actividad 1) Tecnología Propuesta.

La tecnología propuesta es aquella que sustituye a la tecnología de que se encontró durante el transcurso de la visita de campo. Esta tecnología que se propone debe de cumplir con los requisitos que cada tecnología indique, por lo que vea la medida de eficiencia energética que le corresponda.

<sup>12</sup> El factor de emisiones que se utilizará en las estimaciones es el utilizado por la SEMARNAT en el cuarto comunicado, el cual se presenta en el anexo VI.6.

<sup>13</sup> Este índice está definido en la NOM-007-ENER-2004, Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

## Actividad 2) Evaluación de la Nueva Tecnología.

Una vez definida la tecnología propuesta, la evaluación considera los siguientes puntos:

### Demanda y Consumo de Energía Estimados

- Determine la demanda máxima y promedio del sistema mensual tomando en consideración el número de equipos propuestos por la demanda de cada uno de ellos.
- Estime el consumo de energía anual mediante el producto de la demanda estimada por el tiempo de operación anual.

### Estimación del Nuevo Costo Operativo

Éstos se refieren a la suma de todos los costos involucrados en la operación de los equipos de iluminación, el cual se estima como:

$$NCO = \sum \text{costos} = \left[ \frac{\$}{\text{año}} \right]$$

Donde NCO es el Nuevo Costo Operativo de los equipos.

La suma de los costos que se deben de considerar:

- Costo por la demanda de energía estimada.
- Costo por el consumo de energía estimada.
- Costo por la adquisición del equipo propuesto (sea en retrofit o sustitución total).
- Costos por mantenimiento (mano de obra y sustitución de equipo de acuerdo a su vida útil).
- Otros costos.

### Impacto Ambiental, Emisiones Anuales de CO<sub>2</sub>

La estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> se obtendrá del producto de la energía anual estimada, por el factor de emisiones<sup>14</sup>.

### Índice específico de consumo de energía

Este índice se calculará de acuerdo con la carga total propuesta por los nuevos equipos.

Este índice se determina por cada área donde se proponga la sustitución tecnológica. Se expresa en la siguiente ecuación el cálculo del ICEp:

---

<sup>14</sup> El factor de emisiones que se utilizará en las estimaciones se presenta en el anexo VI.6.

$$ICEp = \frac{\text{Condiciones de Operación y/o de Producción}}{\text{Consumo de Energía}} = \left[ \frac{\text{litros}}{kWh} \right] = \left[ \frac{m^3}{kWh} \right] = \left[ \frac{\text{piezas}}{kWh} \right]$$

Donde ICEp es el Índice Específico de Consumo de Energía Propuesto.

### Paso 3. Estimación de Beneficios

Los beneficios que se obtendrán al momento de implementar la nueva tecnología serán de reducción en la demanda, reducción en el consumo de energía, ahorro económico y disminución de los impactos ambientales, por lo que se deberá realizar:

#### Actividad 1) Estimación de la Reducción de la Demanda y en el Consumo de Energía Estimados

La reducción de la demanda se determinará como:

$$RD = DA - DP = [kW]$$

Donde RD es la reducción de la demanda

DA es la demanda actual

DP es la demanda de la energía propuesta

La reducción en el consumo de la energía se determinará como:

$$RCE = CEA - CEP = \left[ \frac{kWh}{año} \right]$$

Donde RCE es la reducción en el consumo de la energía

CEA es el consumo de energía actual

CEP es el consumo de la energía propuesta

#### Actividad 2) Estimación del Ahorro Económico

La estimación del ahorro económico (AE) es la diferencia el costo operativo anual (COA) menos el nuevo costo operativo anual (NCO), siendo:

$$AE = COA - NCO = \left[ \frac{\$}{año} \right]$$

#### Actividad 3) Determinación de la Mitigación del Impacto Ambiental, Emisiones Anuales de CO<sub>2</sub>

La mitigación de las emisiones de CO<sub>2</sub> (ME) se obtendrá de la diferencia entre las emisiones de la tecnología actual (EA) menos las emisiones estimadas de la tecnología propuesta (EP).

$$ME = EA - EP = \left[ \frac{CO_2}{año} \right]$$

#### Actividad 4) Determinación de la Reducción del Indicador Energético

La reducción en el indicador Energético DPEA se obtendrá de la diferencia entre el indicador con la tecnología actual (DPEA) menos el indicador de la tecnología propuesta (DPEAp).

$$IEr = DPEA - DPEAp = \left[ \frac{kW}{m^2} \right]$$

Donde:

IEr es la reducción en el indicador energético.

Las normas que deben de cumplirse con la implementación de la medidas de eficiencia energética en el SISTEMA ELÉCTRICO son las siguientes:

- NOM-001-SEDE-2012 “Instalaciones Eléctricas”. Fuente: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5280607&fecha=29/11/2012](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5280607&fecha=29/11/2012)
- NOM-008-SCFI-2002, Sistema general de unidades de Medida.
- NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad.
- NOM-022-STPS-2008, Electricidad estática en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad.
- NOM-029-STPS-2011, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad.

Cabe resaltar que existen equipos del sistema eléctrico (iluminación, motores, aire comprimido, aire acondicionado y refrigeración) que pueden además de contar con un sello de cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas, tener una certificación adicional reconocida tanto a nivel nacional, como internacional. Tales certificaciones son:

- Energy Star
- FIDE

Las normas que deben de cumplirse con la implementación de la medidas de eficiencia energética en el SISTEMA TÉRMICO son las siguientes:

- NOM-020-STPS-2011, Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad.
- NOM-009-ENER-1995 (PDF) Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales.
- NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad.

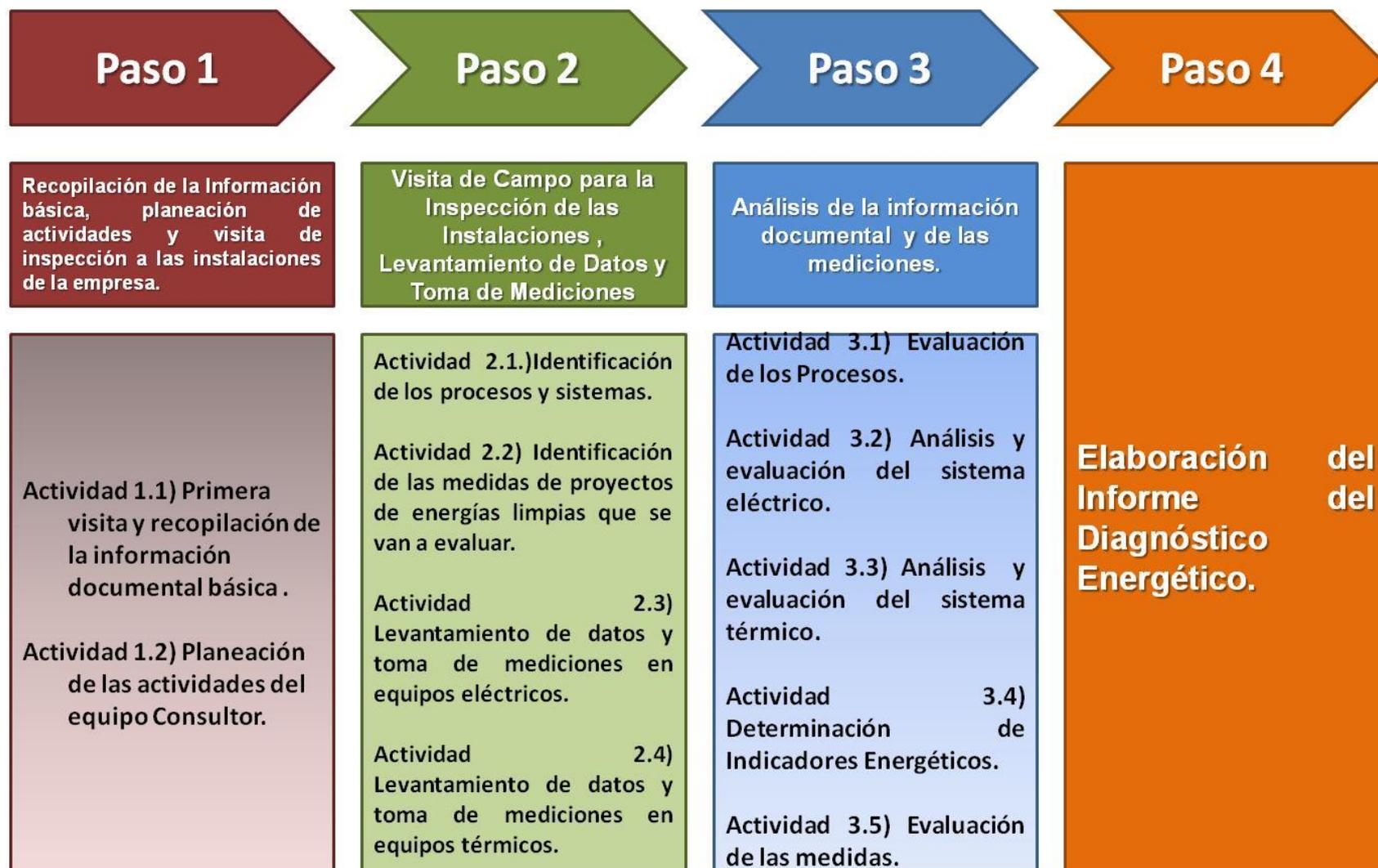
- NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad - Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.  
NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

En el anexo II.2 se presenta una descripción detallada de los pasos antes mencionados.

La siguiente ilustración presenta de manera gráfica lo antes descrito:

DRAFT

Ilustración 3. Estructura de la metodología para el desarrollo de un diagnóstico energético



Fuente: Elaboración equipo MLED

[www.mledprogram.org](http://www.mledprogram.org)



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA