Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético

REFINERÍAS

Dirección General de Eficiencia Energética

PERÚ Ministerio de Energía y Minas

El Perú Primero

Guía de Orientación
del Uso Eficiente de la Energía y
de Diagnóstico Energético

REFINERÍAS

INDICE

1. PRESENTACIÓN 5

2. OBJETIVO 7
   2.1 Objetivos generales 8
   2.2 Objetivos específicos 8

3. LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CARACTERÍSTICAS DE LA ENERGÍA EN EL SECTOR 9
   3.1 Proceso productivo típico 11
   3.2 Fuentes y costos de energía 15
   3.3 Principales equipos consumidores de energía 18

4. EL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO COMO HERRAMIENTA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA 23
   4.1 Objetivos 24
   4.2 Etapas de elaboración del diagnóstico energético 26
      4.2.1 Etapa 1: Recopilación de Información Preliminar 26
      4.2.2 Etapa 2: Revisión de la Facturación de Energéticos 26
      4.2.3 Etapa 3: Recorrido de las Instalaciones 27
      4.2.4 Etapa 4: Campaña de Mediciones 27
         4.2.4.1 Área térmica 28
         4.2.4.2 Área eléctrica 28
      4.2.5 Etapa 5: Evaluación de Registros - Línea de base energética: consumos y costos de la energía 30
      4.2.6 Etapa 6: Identificación de Oportunidades de Mejoras en Eficiencia Energética 31
      4.2.7 Etapa 7: Evaluación técnica-económica-financiera de las mejoras planteadas 32
         4.2.7.1 Evaluación técnica-económica 32
         4.2.7.2 Análisis de sensibilidad de los indicadores económico-financiero 35
      4.2.8 Etapa 8: Informe de Auditoría Energética 36
      4.2.9 Etapa 9: Propuesta de Implementación de mejoras 37
   4.3 Seguimiento y monitoreo de mejoras implementadas 37

5. USOS INADECUADOS DE LA ENERGÍA Y LAS BUENAS PRÁCTICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA 41
   5.1 Buenas Prácticas para evitar usos inadecuados de la energía 42
   5.2 Oportunidades de mejoramiento u optimización 45
   5.3 Nuevas tecnologías y su contribución en la eficiencia energética 56

6. IMPORTANCIA DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA 63
6.1 Formación de un Comité de Gestión de la Energía (CGE) 64
6.2 Sistema de Gestión de la Energía (SGE) y la importancia de contar con la Certificación ISO 50001 65
6.2.1 Sistema de Gestión de la Energía (SGE) 65
6.2.2 Importancia de contar con la Certificación ISO 50001 71
6.3 El etiquetado como garantía de compra eficiente 71
6.3.1 Etiquetado de Eficiencia Energética 71
6.3.2 Fichas de Homologación 73

7. CASOS EXITOSOS 77
7.1 Caso 1 78
7.2 Caso 2 79
7.3 Caso 3 81

8. EL CONSUMO DE ENERGÍA Y EL IMPACTO AMBIENTAL PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO 83
8.1 El impacto ambiental del consumo de energía 84
8.2 El uso eficiente de la energía como compromiso mundial para la lucha contra el cambio climático 86
8.3 Oportunidades de los compromisos mundiales 87
8.3.1 Mercado de Carbono (MDL y Voluntario) 88
8.3.2 Las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) y el Sector Energía 91
8.4 Financiamiento climático 92

9. BIBLIOGRAFÍA 95

10. GLOSARIO 99

11. ANEXOS 103
11.1 Facturación de energía eléctrica 104
11.2 Facturación de gas natural 109
11.3 Factores de conversión – energía 111
11.4 Formato para diagnóstico energético 112
11.5 Especificaciones técnicas para lámparas LED 112
11.6 Especificaciones técnicas para motores eléctricos de alta eficiencia 115

1

PRESENTACIÓN

1 PRESENTACIÓN

La presente es una Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético correspondiente a una Refinería de petróleo, cuyo fin es promover medidas para el uso eficiente de energía y su debida implementación, contribuyendo a reducir el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

En la Guía del Sector Refinerías se ha considerado las nuevas tecnologías disponibles en el mercado, nuevas regulaciones y estándares técnicos, costos actuales y la capacidad técnica del personal a cargo de la implementación y el seguimiento.

Asimismo, se ha puesto énfasis en el consumo de energía y el rol de la eficiencia energética para reducir el impacto ambiental, y aprovechar las oportunidades de los beneficios ambientales que surgen como consecuencia de los compromisos del país ante el Cambio Climático.

Con fecha 8 de septiembre de 2000, se promulgó la Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía Ley N° 27345, en la que se fomenta el uso eficiente con la finalidad de asegurar el suministro de energía, proteger al consumidor, promover la competitividad y reducir el impacto ambiental generado por el consumo de energía. También se indica las facultades que tienen las autoridades competentes para cumplir con estos objetivos.

Asimismo, el 23 de octubre del 2007, se emite el Reglamento de la Ley, a través del Decreto Supremo N° 053-2007-EM, en el cual se formula las disposiciones para promover el Uso Eficiente de la Energía en el país.

A través de las diferentes normativas emitidas por el Ministerio de Energía y Minas, uno de los aspectos importantes es promover, la "Formación de una cultura de uso eficiente de la energía", para lo cual se procedió a la "Elaboración de Guías de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético", con el objetivo de establecer los procedimientos y/o metodologías para orientar, capacitar, evaluar y cuantificar el uso racional de los recursos energéticos en todas sus formas, para su aplicación por los consumidores finales en los diferentes sectores industriales de consumo de energía de nuestro país.

El sector Refinerías tiene varios procesos con diferentes líneas de producción y por ende cuenta con diferentes equipos consumidores de energía tanto eléctrica como térmica, de acuerdo a los requerimientos de su proceso productivo. Es por ello, que cuenta con un potencial significativo de ahorro de energía en sus diferentes etapas de producción.

En el desarrollo de la presente guía, también se muestran casos exitosos de empresas que han implementado mejoras energéticas y han logrado obtener considerables ahorros de energía con beneficios económicos importantes.

2

OBJETIVO

2 OBJETIVO

2.1 Objetivos generales

El objetivo de la guía es brindar una herramienta útil y práctica para la óptima implementación de programas de gestión energética y; diagnósticos energéticos que permitan llevar a cabo la identificación e implementación de mejoras sostenibles aplicables al sector refinería.

2.2 Objetivos específicos

- Dar a conocer la metodología de una auditoría energética aplicada a una industria, para iniciar el proceso de implementar la eficiencia energética en una empresa.
- Fomentar la práctica de la Eficiencia Energética como herramienta de una gestión ambiental en la empresa, lo que permitirá la reducción de emisiones al ambiente.
- Informar sobre las bondades de la certificación ISO 50001 y las posibilidades de lograrlo, una vez iniciado el proceso de implementación de eficiencia energética.
- El público objetivo para el cual está dirigida la presente guía son principalmente los técnicos de mantenimiento, supervisores de producción, ingenieros de planta, consultores y/o desarrolladores de proyectos de eficiencia energética industrial.

3

LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CARACTERÍSTICAS DE LA ENERGÍA EN EL SECTOR

3 LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CARACTERÍSTICAS DE LA ENERGÍA EN EL SECTOR

La refinación del petróleo es el proceso que incluye el fraccionamiento y transformaciones químicas del petróleo para producir derivados comerciales. En las refinerías se transforma el petróleo crudo en productos terminados y refinados, tales como: GLP, gasolina, diésel, petróleo industrial o pesado, materias primas de petroquímicos, aceite combustible y asfalto. El proceso se inicia con la separación del petróleo crudo en diferentes fracciones, cada una con su propio punto de ebullición y cantidad de carbono; luego se continua con el procesamiento de estas fracciones en productos terminados mediante una secuencia de transformaciones físicas y químicas.

Si bien no existen dos refinerías con configuraciones idénticas, éstas se pueden clasificar en grupos con características similares, definidas según su complejidad.

Como líneas de producción podemos tener:

- **Refinerías con unidades de destilación atmosférica.**

También llamadas topping, donde sólo realizan la destilación del crudo y ciertas operaciones de apoyo esenciales. No tienen capacidad de modificar el patrón de rendimiento natural de los petróleos crudos que procesan. Sólo realizan el fraccionamiento del crudo por ebullición en gas liviano y combustible de refinería como gasolinas, destilados como el kerosene, combustible pesado, diésel y combustible residual o pesado. Las refinerías con unidades de destilación atmosférica no disponen de instalaciones para el control de los niveles de azufre del producto y, por ende, no pueden producir combustibles con muy bajo contenido de azufre.

- **Refinerías con esquema de hydroskimming**

Estas refinerías, no sólo incluyen la destilación del crudo y los servicios de apoyo, sino también el reformado catalítico, el hidro tratamiento y mezcla de productos. Estos procesos permiten convertir la nafta en gasolina y controlar el contenido de azufre de los productos refinados. El reformado catalítico convierte la nafta de destilación directa de modo que cumpla con las especificaciones de índices de octano de la gasolina y elabora subproductos del hidrógeno para las unidades de hidro tratamiento. Las unidades de hidro tratamiento extraen el azufre de los productos livianos, incluso gasolina y diésel, para cumplir con las especificaciones del producto y/o permitir el procesamiento de crudos con mayor contenido de azufre. Las refinerías con esquema de hydroskimming, en regiones de alta demanda de gasolina, no tienen la capacidad de alterar los patrones de rendimiento natural de los crudos que procesan.

- **Refinerías de conversión o craqueo**

Incluyen no sólo los procesos hydro skimming, sino también el craqueo catalítico y/o hidro craqueo. Estos dos procesos de conversión transforman las fracciones de petróleo crudo pesado, en flujos de refinación liviana que se añaden a la gasolina, combustible pesado, diésel y materias primas de petroquímicos.

Las refinerías de conversión pueden mejorar los patrones de rendimiento natural de los crudos que procesan, según la necesidad de satisfacer las demandas de mercado de productos livianos. Sin embargo, éstas aún elaboran inevitablemente, productos pesados, de bajo valor, como el combustible residual y el asfalto.

- **Refinerías de conversión profunda o coquización**

Éstas incluyen el craqueo catalítico y/o hidro craqueo para convertir las fracciones de petróleo, y también la coquización. Las unidades de coquización "destruyen" la fracción del petróleo crudo pesado mediante su conversión en flujos livianos que sirven como combustible adicional a otros procesos de conversión; y además para los procesos de mejoramiento que elaboran productos livianos más valiosos. Las refinerías de conversión profunda que poseen suficiente capacidad de coquización destruyen básicamente todo el aceite residual de sus crudos para refinación y los convierten en productos livianos.

Además de materia prima la refinería de petróleo también consume energía en sus modalidades de electricidad para mover maquinarias y calor para la cocción de la materia prima en procesamiento.

La eficiencia energética es una herramienta útil para reducir el consumo de energía y optimizar el proceso productivo; es decir producir más o igual, pero con menos energía. En consecuencia, los empresarios tienen la oportunidad de aumentar productividad y maximizar el beneficio, ya que el consumo energético en la industria es proporcional a la situación económica y los ciclos económicos.

3.1 Proceso productivo típico

Las transformaciones físicas y químicas que experimenta el crudo en una refinería ocurren a través de varios procesos específicos, cada uno de ellos llevados a cabo en una instalación o unidad de proceso diferente. Las grandes y modernas refinerías incluyen muchos procesos específicos, que operan en una estrecha interacción. A continuación, se indican los principales tipos de proceso en las refinerías.

A. Destilación del petróleo crudo

La destilación separa los diferentes componentes del petróleo crudo, de acuerdo a sus respectivos puntos de ebullición. Cada fracción que resulta de la unidad de destilación se define mediante un punto de ebullición único y puede tener distintos compuestos de hidrocarburo, todos con puntos de ebullición dentro del rango de corte. Estas fracciones

incluyen gases livianos, naftas, destilados, petróleo industrial y aceites residuales, que luego serán refinados.

Las naftas por lo general se envían a las unidades de mejoramiento para mejorar el octano, controlar el azufre, etc. y luego a la mezcla de combustibles. Los destilados, incluido el querosene, por lo general atraviesan más tratamientos y luego se incorporan al combustible pesado, diésel y petróleo industrial. El petróleo industrial pesado pasa por las unidades de conversión, donde se fraccionan en flujos más livianos como gasolina y destilado.

Finalmente, el aceite residual es dirigido a otras unidades de conversión, o se mezcla con el combustible industrial pesado y/o asfalto. La mayoría de las refinerías modernas convierten, o mejoran, las colas de componentes pesados de bajo valor, en productos livianos más valiosos como: gasolina, combustible pesado, combustible diésel, etc.

Debido a que todo el petróleo crudo tratado en las refinerías, atraviesa siempre un proceso de destilación, la capacidad de refinación se expresa normalmente en términos de destilación del petróleo crudo según la capacidad de producción.

B. Proceso de conversión (craqueo)

Los procesos de conversión provocan reacciones químicas que descomponen moléculas de hidrocarburos de bajo valor económico, que son de gran tamaño y de alta ebullición, dando origen a moléculas más pequeñas y livianas, después del procesamiento, apropiadas para mezclar con gasolina, combustible pesado, combustible diésel, materias primas de petroquímicos y otros productos livianos de alto valor. Las unidades de conversión son el núcleo central de las operaciones de refinación modernas, debido a que permiten que las refinerías alcancen altos rendimientos de combustibles y otros productos livianos valiosos y permiten el uso económico de los crudos sulfurosos pesados.

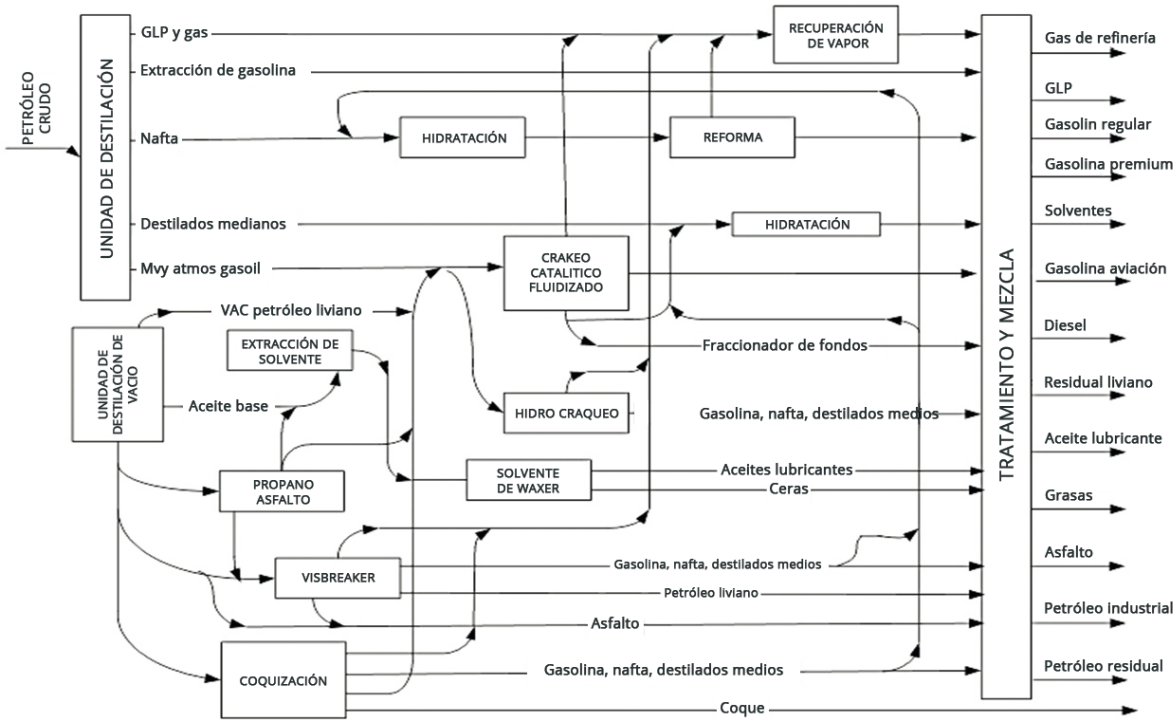
Los procesos de conversión de mayor interés son el craqueo catalítico fluidizado (FCC, por sus siglas en inglés), el hidrocraqueo y la coquización.

Cuanto más pesado o denso es el crudo, más alta es su proporción de C/H. Asimismo cuanto más alto es el punto de ebullición, más alta es su proporción de C/H. En consecuencia, las operaciones de refinación deben, reducir la proporción de C/H del petróleo crudo y gran parte de esto recae sobre los procesos de conversión.

La reducción de la proporción de C/H se puede lograr mediante el desecho del exceso de carbono en la forma de coque de petróleo o la adición de hidrógeno. El FCC y la coquización adoptan la primera opción. El hidrocraqueo sigue la segunda opción.

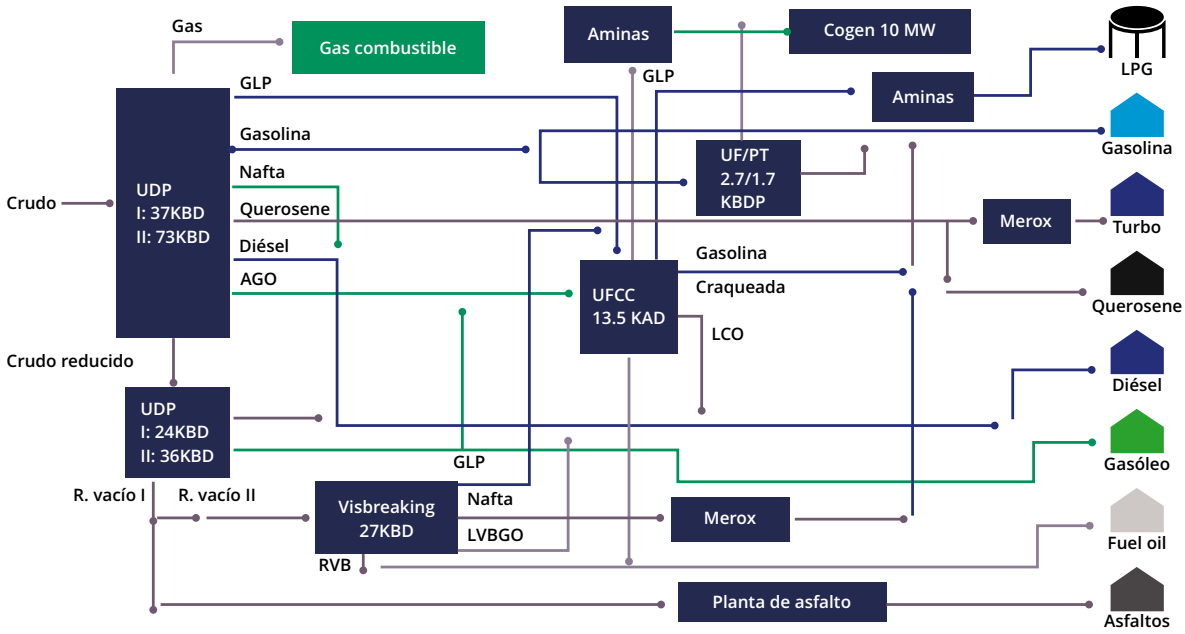
En la Figura N° 1 se puede ver el esquema del proceso productivo de una planta moderna de refinación y en la Figura N° 2 el esquema de proceso de la refinería La Pampilla.

Figura N° 1.
Diagrama del proceso productivo de una refinería moderna



Fuente: Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Petroleum Refineries, EPA, 2015

Figura N° 2.
Diagrama del proceso productivo de la refinería La Pampilla



Fuente: La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú, OSINERGMIN, 2017

- **Craqueo catalítico fluidizado.**

El craqueo catalítico fluidizado (FCC) es el proceso de refinación más importante en la destilación del crudo, referido a la capacidad de producción de toda la industria y el efecto general que posee en las operaciones de refinación y en su aspecto económico. El proceso opera a altas temperaturas y baja presión, empleando un catalizador para convertir el petróleo pesado, producto de la destilación y otros fluidos pesados, en gases livianos que son materia prima para la industria petroquímica; así como la mezcla de componentes de gasolina llamados nafta de FCC, y mezcla de componentes de combustible diésel.

El azufre es un "contaminante" para los catalizadores de FCC, es decir, el contacto con el azufre reduce la efectividad de los catalizadores. Para corregir este problema, muchas refinerías tienen unidades de desulfuración, que remueve la mayoría del azufre de la carga de FCC. La carga de FCC no tratada, también denominada "aceite lodoso" pueden ir a otras etapas en la refinería, incluso a la unidad de coquización.

- **Hidro craqueo**

El hidro craqueo, al igual que el FCC, convierte los destilados y el petróleo pesado que son productos de la destilación, en gasolina y destilados ligeros. Este es un proceso catalítico que opera a temperatura moderada y a alta presión. Se utiliza hidrógeno para descomponer tanto el destilado como el petróleo pesado, en gases livianos, que son materias primas para la petroquímica, y mezclas de componentes de gasolina y combustible diésel.

El hidro craqueo ofrece altos rendimientos de productos livianos y una extensa flexibilidad operativa. Un hidrocraqueador puede convertir esencialmente toda su carga en mezcla de componentes de gasolina, con rendimientos de hasta 100 % de volumen de carga.

El hidro craqueo presenta una notable ventaja respecto del FCC. La entrada de hidrógeno al hidrocraqueador no sólo causa reacciones de craqueo, sino también extraen el azufre contenido en los flujos producidos. Estas reacciones de hidro tratamiento producen flujos con muy bajo contenido de azufre y mejores propiedades. Los flujos hidrocraqueados no sólo casi no contienen azufre, sino que también tienen un bajo contenido de aromáticos.

El hidrocraqueo es más efectivo que el FCC o la coquización en cuanto a la conversión del petroleo pesado y la elaboración de productos de bajo contenido de azufre. Sin embargo, la construcción y el funcionamiento de los hidrocraqueadores son más costosos, en gran medida debido a su consumo demasiado alto de hidrógeno.

- **Coquización**

La coquización es un proceso de conversión térmica, no catalítico que descompone el aceite residual, que es el producto más pesado de la destilación del crudo, en otros productos más livianos que continúen con el proceso de refinado. En la industria de la refinación, la coquización es el medio principal de conversión del aceite residual, en productos más livianos y valiosos.

Los productos craqueados a partir de la coquización, incluyen gases livianos,

como las olefinas livianas, nafta de baja calidad y fluidos destilados, los cuales deben continuar su procesamiento, como grandes volúmenes de petróleo de coque y coque de petróleo.

El petróleo de coque se utiliza principalmente como carga adicional de FCC. Sin embargo, este petróleo de coque contiene altos niveles de azufre y otros contaminantes, los cuales disminuyen el valor de la carga de FCC, en comparación con el gasóleo de destilación directa.

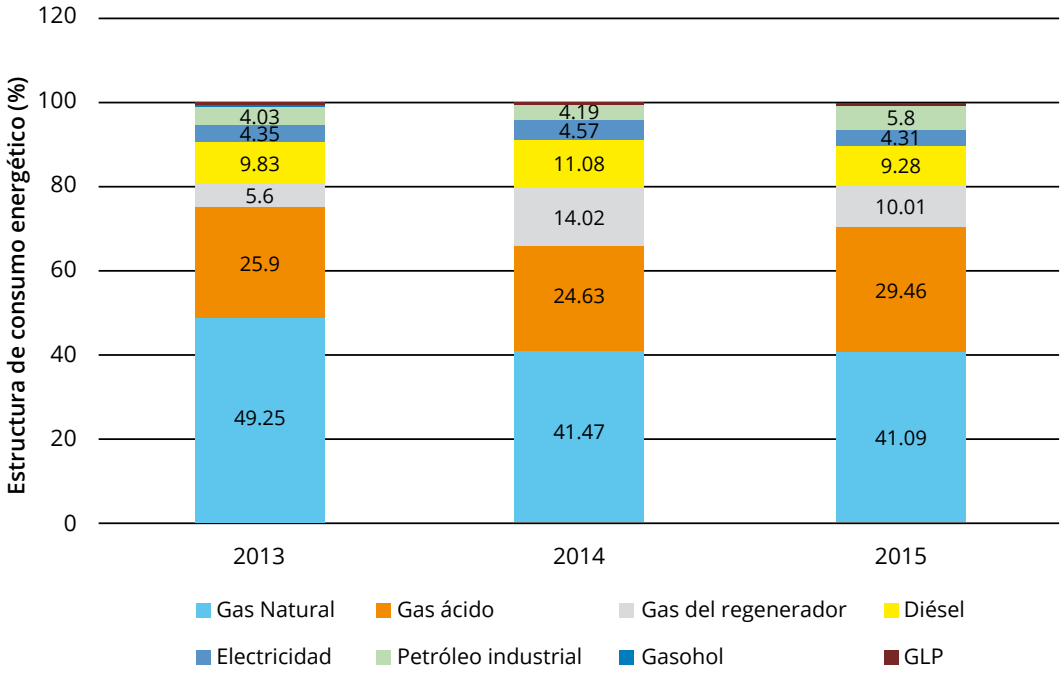
Según el tipo de petróleo crudo, el coque de petróleo que se produce en el coquizador se puede vender para varios fines de uso, por ejemplo, como combustible en refinerías o plantas de energía externas, o simplemente ser enterrado.

3.2 Fuentes y costos de energía

En el proceso de refinación del petróleo, se utilizan combustibles y electricidad como fuentes de energía. El mayor consumo es en combustibles, siendo el petróleo y el gas natural los más usados como fuente de energía térmica. En el caso de las refinerías peruanas se consume gas natural, petróleo industrial y diésel, y otros gases de proceso que son reutilizados. La energía eléctrica es recibida en la subestación de la planta en media tensión (por lo general en 10 kV) y en la red interna los equipos eléctricos operan generalmente en 460 VAC- 60 Hz.

En la Figura N° 3 se puede ver la matriz energética de las refinerías en el Perú.

Figura N° 3.
Consumo de energía en las refinerías peruanas



Fuente: Publicación PETROPERU, 2017

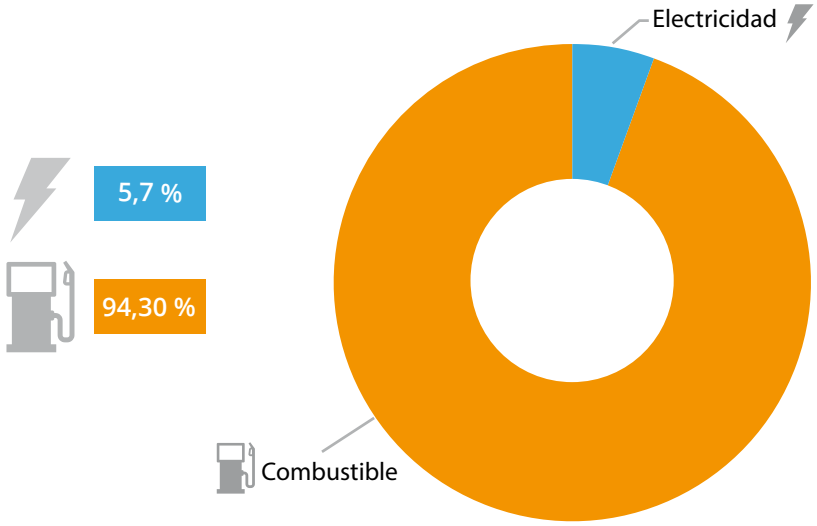
El consumo de energía en la refinería depende de varios factores como la capacidad de la planta, la tecnología empleada en los procesos y el nivel de automatización.

La energía térmica en forma de gases calientes y en forma de vapor se genera en hornos de radiación-convección y en la sala de calderas, siendo luego utilizadas en los procesos de destilación y calentamiento diverso y demás etapas del refinado del crudo.

La energía eléctrica es generalmente suministrada por las empresas eléctricas de la red interconectada y/o puede ser producida por la misma planta mediante cogeneración para un abastecimiento parcial o total. Se consume en todas las etapas del proceso, en el control automatizado, movimiento de fluidos y en la iluminación de las instalaciones.

En la Figura N° 4, se puede observar el consumo promedio anual de energía en una refinería de petróleo. En términos de porcentaje, se consume 5,7 % en electricidad y 94,3 % en combustible.

Figura N° 4.
Consumo de energía en una refinería de petróleo



Elaboración FONAM, Fuente: Ministerio de energía y Minas – MINEM, 2015

Un indicador de eficiencia energética en los procesos de industriales es el consumo específico de energía, el que se define como el consumo de energía por unidad de producto terminado (kWh/tonelada, MJ/unidad de producto terminado, galones de combustible/tonelada, kcal/tonelada, BTU/unidad de producto terminado etc.); en el presente caso nos referiremos al consumo de energía por barril de petróleo procesado en la refinería.

En la Tabla N° 1 se muestran los consumos energéticos por barril procesado en las refinerías peruanas.

Tabla N° 1.
Consumo energético por barril procesado

Dependencia	Año 2013 GJ/bbl	Año 2014 GJ/ bbl	Año 2015 GJ/bbl
REFINACIÓN			
Refinería Talara	0.218	0.203	0.223
Refinería Conchán	0.116	0.123	0.125
Refinería Iquitos	0.116	0.118	0.13
TRANSPORTE			
Oleoducto Norperuano	0.063	0.068	0.072

Fuente: Publicación PETROPERU, 2017

Para el caso de las refinerías de petróleo los consumos energéticos pueden variar indistintamente, puesto que el hidrocarburo de un pozo petrolero no es igual al de otro pozo. El petróleo por su naturaleza es un conglomerado de hidrocarburos, con mezcla de agua, azufre y otros minerales; por eso la refinación del crudo involucra una serie de procesos tanto físicos como químicos a los cuales se somete el petróleo crudo, los productos que se obtienen de ellos tienen diferentes rendimientos ya que estos dependen del origen del crudo. De modo referencial en la tabla N° 2 se muestra el consumo específico de una refinería de Ecuador.

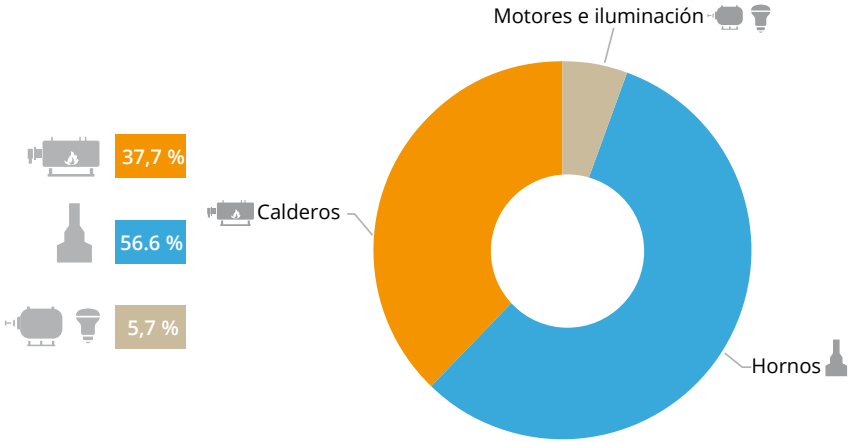
Tabla N° 2.
Consumo energético por barril procesado

REFINERÍA	Consumo específico
Petroecuador	2,9 GJ/bbl

Fuente: Auditoría energética de la planta de tratamiento y recuperación de crudo intemperizado de EP PETROECUADOR

El consumo de energía de una planta de refinería de petróleo, también se puede distribuir de acuerdo al equipamiento del que dispone, tal como se señala en la Figura N° 5, donde se puede apreciar que en promedio el 56 % corresponde a los hornos de calentamiento de las torres de destilación, el 37,7 % es para los calderos de vapor y el 5,7 % es para los motores eléctricos e iluminación.

Figura N° 5.
Consumo de energía en una refinería de petróleo



Elaboración FONAM, Fuente: Ministerio de Energía y Minas – MINEM, 2015

La tarifa eléctrica para el sector industrial es aproximadamente 0,016 US$/kWh como clientes libres, para el petróleo DB5 es de 9,54 Soles/galón, para el petróleo industrial es de 5,9 Soles/galón (Diario GESTION agosto 2017) y para el gas natural 9,3 Soles/MBTU (CALIDDA 2017).

3.3 Principales equipos consumidores de energía

Para efectuar el proceso productivo, la refinería requiere de equipos electromecánicos que transformen al petróleo crudo hasta convertirlos en combustibles purificados comercialmente. A continuación, se menciona una relación de equipos utilizados por las refinerías.

a) Horno de fuego directo

El horno de refinería es un compartimiento metálico, rectangular o cilíndrico, revestido interiormente por una pared refractaria y aislante, dentro del cual se dispone de un serpentín tubular por el que circula el petróleo crudo que se desea calentar y/o evaporar. El mismo ambiente interno sirve de cámara de combustión donde se libera calor a través de la quema de combustible sólido, líquido o gaseoso que reacciona en el quemador, liberando gases de combustión calientes que entregan calor por radiación al serpentín.

Un paquete de tubos ubicado por encima de la zona radiante, en el conducto de salida de los gases hacia la chimenea, se recupera el calor de los gases calientes, mediante el mecanismo de convección. Esta sección se denomina zona convectiva y es el lugar donde se precalienta el crudo.

La utilización del horno puede tener distintos propósitos, tales como precalentamiento del crudo previo al fraccionamiento o reacción, evaporar la corriente de fondo de una columna de destilación o disminuir la viscosidad de un fluido para facilitar su manipuleo. Pueden utilizarse también para reactores, en este caso proveen el calor de reacción. La cantidad de combustible alimentado al

horno se regula normalmente en función de la temperatura de salida de la corriente de proceso.

Figura N° 6.
Horno de refinería de petróleo

Fuente: FIMA Perú, 2017

b) Caldera de vapor

Una caldera es un recipiente metálico, cerrado, destinado a producir vapor, mediante la quema de combustible, a una temperatura superior a la del ambiente y presión mayor que la atmosférica. El principio básico de funcionamiento de las calderas consiste en una cámara donde se produce la combustión, con la participación del aire comburente que forma gases de combustión a alta temperatura. Los gases calientes realizan un recorrido por tubos o conductos, dirigiéndose a chimenea de salida al ambiente. El recorrido de los gases hacia la chimenea y dependiendo del tipo de caldero, lo puede hacer por el interior de tubos sumergidos en agua; o por conductos que contienen paquetes de tubos con contenido de agua en el interior de los tubos. En ambos casos la transferencia de calor es por convección, en el primer caso del interior del tubo hacia afuera y en el segundo caso del exterior hacia el interior del tubo. De forma general podemos describir las siguientes partes:

- **Quemador:** sirve para quemar el combustible.
- **Hogar o cámara de combustión:** es una cámara interna donde se realiza la combustión del combustible utilizado y la generación de los gases calientes.
- **Tubos de intercambio de calor:** es el medio donde se produce el calentamiento del agua generando vapor; dependiendo del tipo de caldero, el tubo puede contener agua (acuotubular) o gases de combustión (pirotubular).
- **Chimenea:** es la vía de escape de los humos y gases de combustión después de haber cedido calor al fluido agua.
- **Carcasa:** contiene el hogar y el sistema de tubos de intercambio de calor.

Figura N° 7.
Caldera de vapor

Fuente: Calderos INTESA, Perú, 2017

c) Columna de destilación

Es una estructura cerrada en la cual se realiza la separación física de un fluido en

dos o más fracciones. Esta separación se logra sometiendo el fluido a condiciones de presión y temperatura que varían a lo largo de la columna, de modo de lograr que las fracciones que se buscan separar se encuentren en dos estados diferentes. De manera que se logra un buen intercambio entre ambas fases. En la destilación primaria del petróleo crudo (Topping) se destila fraccionadamente el petróleo. Como está compuesto por más de 1 000 hidrocarburos, no se intenta la separación individual de cada uno de ellos. Es suficiente obtener fracciones, de composición y propiedades aproximadamente semejantes, cuya destilación se realiza en el rango de dos temperaturas prefijadas, de acuerdo al tipo de combustible requerido.

Figura N° 8.
Columna de destilación

Fuente: R.C. Castello & Assoc. Inc., USA, 2016

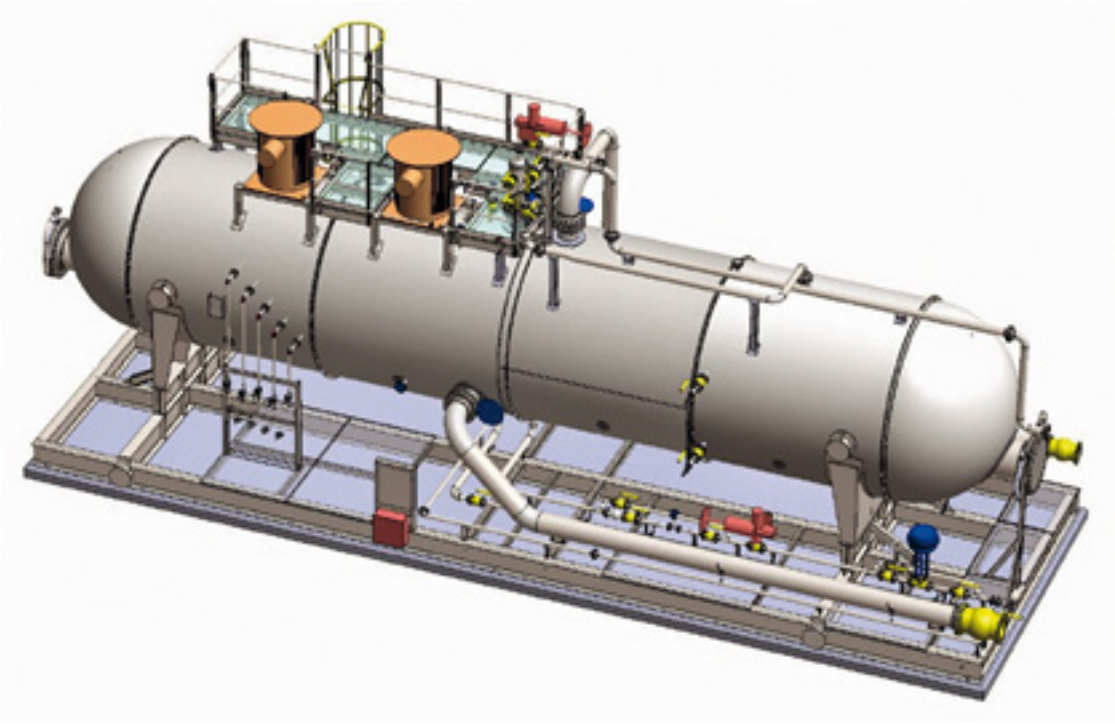
d) Desalador

Es un equipo cuya función es, remover la sal del petróleo crudo. La sal solo está presente en la fase acuosa, por lo tanto, hay dos formas de removerla. Una es remover toda el agua y otra es diluir el agua. El desalador realiza ambas acciones, utilizando una carga electrostática puede remover la mayor parte del agua; o con inyección de agua limpia al crudo, puede diluir la concentración de sal.

Cuando el petróleo crudo llega a la superficie del suelo, frecuentemente contiene gases asociados y otros contaminantes no deseados. Estos contaminantes incluyen aguas combinadas (salmueras) y partículas sólidas insolubles como arena, sílices y sales disueltas en agua.

Antes del inicio del proceso de refinación, el crudo debe ser procesado, retirando el gas, el agua con contenido de sal y otros sólidos insolubles. El término "Basic Sediment and Water" BS&W, es utilizado para determinar el tipo y nivel de contaminantes del crudo, usualmente expresado en porcentaje de volumen.

Figura N° 9.
Equipo desalador



Fuente: Publicación Operador Petrolero, 2016

e) Reactor

El reactor / separador se utiliza en el proceso de hidro tratamiento para eliminar los contaminantes como el azufre, nitrógeno, compuestos aromáticos con anillos condensados o metales a partir de materias primas de nafta a temperaturas y presiones elevadas. Estos equipos se fabrican en diferentes grados de aceros de baja aleación, con espesores de pared de hasta 250 mm, soldado a través de técnicas de soldadura de abertura pequeña, con los procedimientos de control antes y después de la soldadura, con recubrimiento interno, construcción revestida o cubierta de una o dos capas, utilizando procesos ESW o SAW. Las partes internas del reactor generalmente se hacen en obra y se pueden ensamblar al reactor según lo requiera el cliente.

Figura N° 10.
Equipo reactor

Fuente: High Integrity & Severe Services, CAHDEZ, Colombia, 2011

f) Otros equipos

Además, existen otros equipos utilizados en la refinería que son en todo caso adaptaciones a las necesidades del proceso de refinación. Tales como:

- Intercambiadores de calor
- Compresores
- Filtros
- Bombas
- Quemadores
- Tuberías de vapor y condensado con accesorios como: válvulas, trampas de vapor, eliminador de aire, reductores, etc.

4

EL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO COMO HERRAMIENTA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

4 EL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO COMO HERRAMIENTA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

El Diagnóstico Energético permite analizar el uso de la energía eléctrica y térmica, utilizada en una empresa para el desarrollo de su proceso productivo, lo cual nos permitirá conocer:

- En qué parte del proceso de producción se utiliza la energía.
- Las principales áreas consumidoras de energía.
- Cantidad de energía desperdiciada.

La magnitud o profundidad del Diagnóstico Energético depende del tamaño de la empresa y la disponibilidad de recursos para su ejecución.

En la Figura N° 11, se presenta un gráfico referencial elaborado en función a las Etapas de un Diagnóstico Energético o Auditoría Energética, según lo indicado en la R.M N°186-2016-MEM/DM y donde también se menciona que el Diagnóstico Energético lo deberá realizar un Consultor de Eficiencia Energética o una Empresa de Servicios Energéticos, los cuales deberán estar inscritos, previo a la ejecución de la auditoría energética, en el Registro de Consultores de Eficiencia Energética, a cargo de la Dirección de Eficiencia Energética del Ministerio de Energía y Minas. Cabe mencionar que ello es de ***carácter obligatorio para el Sector Público y facultativo para el sector privado***, asimismo, se recomienda que los consultores, deben contar con las siguientes capacidades técnicas:

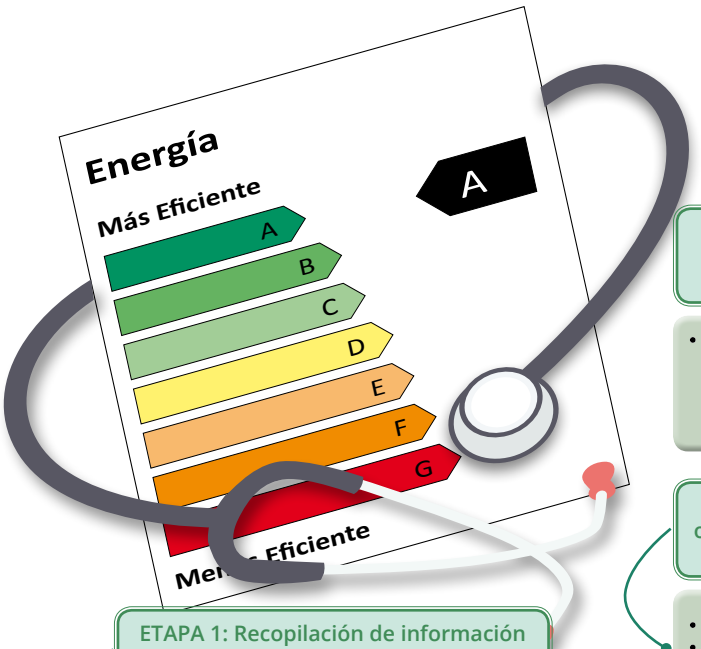
– Especialista en eficiencia energética con conocimientos y experiencia en el diseño, ejecución y supervisión de instalaciones eléctricas industriales y comerciales, análisis de sistemas tarifarios eléctricos; y/o de instalaciones mecánicas y térmicas, sistemas de aire comprimido, sistemas de fluidos, sistemas de producción, distribución y uso de vapor, y en mediciones de variables térmicas.

4.1 Objetivos

- Cuantificar el uso de la energía, con detalles suficientes para localizar pérdidas.
- Establecer una línea base, que servirá para la posterior evaluación de los beneficios obtenidos como resultado de la implementación de las mejoras y recomendaciones asociadas a las oportunidades identificadas.
- Identificar oportunidades de uso eficiente de la energía a través de la implementación de proyectos y mejoras para ahorrar energía y costos.

–

Figura N° 11.
Etapas del Diagnóstico Energético



ETAPA 1: Recopilación de información preliminar

- Identificación de las áreas físicas, los procesos y el personal de mantenimiento.

ETAPA 2: Revisión de la facturación de energéticos

- Revisión de la facturación de todos los consumos de energía, sus características, como la periodicidad y la variedad de combustibles que se compran.

ETAPA 3: Recorrido de las instalaciones

- Identificación de los equipos generadores y consumidores de energía.
- Establecimiento de los centros de medición de consumo de energía.

ETAPA 4: Campaña de mediciones

- Instalación de instrumentos y equipos requeridos.
- Se recopila información de los puntos y parámetros establecidos para su posterior evaluación.

ETAPA 5: Evaluación de Registros – Determinación de Línea de Base Energética

- Se descarga la información proveniente de los instrumentos instalados y se valida la data registrada para proceder al análisis de datos y cálculos preliminares, estableciéndose la Línea Base.

ETAPA 6: Identificación de oportunidades de mejora en eficiencia energética

- Se analizan los flujos de energía.
- Se identifican oportunidades para el uso eficiente de la energía a través de las buenas prácticas y/o reemplazo de equipos.

ETAPA 7: Evaluación técnica económica de las mejoras planteadas

- Evaluación de los aspectos técnicos y económicos de las alternativas identificadas para establecer cualitativa y cuantitativamente el ahorro de energía.

ETAPA 8: Informe Técnico Consolidado (Informe de Auditoría energética)

- Elaboración del informe detallado del Diagnóstico Energéticos (Auditoría Energética), destacando la determinación de la Línea Base de operación del sistema energético y el resumen de oportunidades de las mejoras detectadas.

ETAPA 9: Implementación de mejoras

- Implementación de actividades propuestas en el informe de auditoría energética, a ser previstas en los Planes operativos y presupuestales de la empresa.

Fuente: Elaboración FONAM

4.2 Etapas de elaboración del diagnóstico energético

4.2.1 Etapa 1: Recopilación de Información Preliminar

El especialista que estará cargo de la elaboración del estudio de Diagnóstico Energético realizará una "visita de reconocimiento" de las instalaciones de la empresa para ver y conocer de manera general el proceso productivo, los principales equipos y las fuentes de energía utilizadas.

Es importante entrevistarse con el(los) responsable(s) directo(s), jefe de planta, gerente de planta, jefe de mantenimiento u otro que esté a cargo del proceso productivo y mantenimiento de equipos para aclarar dudas y/o consultas sobre el desarrollo general de las áreas productivas.

También es importante entrevistarse directamente con los operadores que manejan los equipos y determinar el modo de operación de los principales equipos consumidores de energía.

Finalmente se solicitará los manuales de operación de los equipos consumidores, generadores o transformadores de energía, reportes de mantenimiento, costos de energía como parte de los costos de producción, diagrama de instalaciones eléctricas, planos de distribución de maquinarias y ambientes, planos de fluidos térmicos, estadísticas de producción y ventas, estructura organizacional, diagrama de los procesos de producción.
De ser el caso, se solicitará los estudios anteriores que hayan realizado sobre el consumo energético de la empresa.

Esta etapa debe dar como resultado la recopilación de información de las características del espacio físico a auditar y comprende lo siguiente:

- Dimensión del área construida y tiempo de vida de las instalaciones.
- Número de trabajadores (incluidos visitantes).
- Organigrama de la empresa distribuido por áreas y responsables, a fin de identificar las áreas físicas y el personal involucrado en el tema energético.
- Número de actividades que se realizan.
- Cantidad de áreas productivas y áreas de oficinas.
- Horario de trabajo
- Cantidad de personal involucrado en el tema energético
- Plano unifilar de distribución eléctrica.
- Plano térmico de las instalaciones.
- Manuales de operación y planes de mantenimiento.
- Otra información relevante, como renovaciones, ampliaciones futuras, entre otros.

4.2.2 Etapa 2: Revisión de la Facturación de Energéticos

La información preliminar será proporcionada por la empresa y consiste en las facturaciones energéticas de los consumos de energía eléctrica, combustible y demás energéticos, de al menos un (01) año, así como las características del suministro eléctrico, tarifa y tipo de combustible utilizados.
El objetivo es conocer el perfil de consumo total de energéticos de la empresa y también su máxima demanda en potencia

(kW) y su máxima demanda en energía (kWh); así como los niveles de consumo por tipo de combustible y demás energéticos (solar, eólico, biogás, entre otros).

4.2.3 Etapa 3: Recorrido de las instalaciones

El ingeniero y/o técnico a cargo de la ejecución del Diagnóstico Energético, realizará una **"visita técnica"** a las instalaciones de la empresa y revisará algunos aspectos claves que podrían convertirse en importantes oportunidades de ahorro energético. Recorrer las instalaciones para realizar el inventario y ubicar los equipos generadores y consumidores de energía. Las visitas técnicas darán como resultado la siguiente información:

- Inventario de equipos con sus características técnicas. Para el caso de equipos eléctricos: datos de placa, potencia en watts o kilowatts, tensión en volts, corriente en amperios. En el caso de equipos térmicos de potencia (BHP o kW): consumos específicos, parámetros de regulación, rendimientos térmicos, etc.
- Ubicación física de estos equipos en la empresa.
- Revisión de maquinaria y equipos, revisión de fuentes de energía, estado de las conexiones eléctricas, estado de las conexiones de agua, tipo de iluminación (natural o artificial), personal y áreas claves involucradas en la producción y en el consumo de energía, y la posibilidad de acceder a otras fuentes de energía.
- Identificación de los centros de costos de consumo de energía.
- Definir los puntos y parámetros mínimos a medir, como son: tensión, corriente, potencia, energía, armónicos, factor de potencia, los cuales no son limitativos; así como los periodos de medición u otros parámetros que podrán obtenerse a través de equipos de tecnología de última generación ya sean equipos medibles o con software de simulación, que le sirvan a la empresa para el ahorro de energía eléctrica y/o térmica como presión, temperatura, etc.

Es muy importante que el ingeniero y/o técnico cuente con los conocimientos del proceso a analizar y la experiencia en la realización de este tipo de estudio.

4.2.4 Etapa 4: Campaña de Mediciones

Luego de haber elegido los puntos y/o equipos consumidores de energía cuyos consumos serán medidos, por ejemplo: grupo electrógeno, calderas, motores eléctricos, iluminación entre otros; se instalan los instrumentos y equipos de medición requeridos, se realizará mediciones térmicas y eléctricas con los mismos instrumentos fijos de la empresa o instrumentos portátiles dispuestos para este propósito, lo cual permitirá conocer si los equipos consumidores están perdiendo energía o lo consumen adecuadamente.

Los equipos de última tecnología a usar, pueden ser equipos manuales o equipos con software de simulación como el SCADA (Supervisory Control And Data Adquisition), entre otros, que permiten obtener datos en tiempo real, se puede recabar toda la información resultante de los procesos industriales, también contribuyen a la automatización del control de procesos;

así como permite tener un control total sobre todo lo que ocurre en la planta, pudiendo detectar errores tempranamente, asimismo se puede hacer un diagnóstico del estado de las máquinas y los procesos, en algunos casos, permite también tomar acciones sobre el mantenimiento y permite tener a la mano toda la información de lo que ocurre, u ocurrió en la planta, haciendo así que la toma de decisiones sea más eficiente.

"Si usted no puede medir, usted no puede controlar, entonces no conseguirá administrar los energéticos"

Posteriormente se recopila la información, como el perfil de consumos energéticos, diagrama de carga, factor de potencia, máxima demanda en potencia (kW) y máxima demanda en energía activa y reactiva (kW.h y KVARh), así como los niveles de consumo por tipo de combustible y demás energéticos (solar, eólico, biogás, etc.) para su evaluación.

4.2.4.1 Área térmica

En el área térmica se debe determinar principalmente la eficiencia de las calderas. Además, evaluar los sistemas de distribución de vapor, agua y aire comprimido, el estado del aislamiento térmico de ductos de vapor, sistemas de calefacción y refrigeración, recuperación óptima de condensados. Así como la factibilidad de cambio de combustible, optando siempre por el menos contaminante y más amigable con el ambiente.

a) Equipos de Medición de Energía Térmica:

- **Analizador de gases que puede ser portátiles o fijos.**
  Permite medir la composición de gases de combustión (CO_2, O_2, NO_X, CO, SO_2), temperatura y conocer la eficiencia de combustión.
- **Medidor de Temperatura por contacto**
  Permite medir temperaturas de fluidos y sólidos de diferentes sustancias, pueden ser portátiles o fijos y pueden disponer de sondas para conectar termopares rápidos y fiables.
- **Medidor de Temperatura a distancia o infrarrojo**
  Termómetro con indicador láser en cruz y óptica seleccionable para mediciones lejanas y cercanas.
- **Higrómetro o medidor de humedad**
  Para detectar las humedades de aire y/o materiales que intervienen en el proceso productivo

4.2.4.2 Área eléctrica

Medir y registrar los consumos de energía eléctrica, evaluar el factor de potencia y el consumo de energía reactiva, análisis de las potencias contratadas, análisis de la posibilidad de cambio de suministro de energía o de opción tarifaria, y optimización de sistemas de iluminación.

a) Equipos de Medición de Energía Eléctrica:

- **Analizador de Redes Eléctricas (Trifásico).**
  Permite medir y registrar los consumos de energía eléctrica.

- **Multímetro Digital.**
  Permite medir magnitudes eléctricas activas como corrientes y

potenciales (tensiones) o pasivas como resistencias, capacidades y otras.

- **Tacómetro Digital.**
  Permite medir la velocidad de los motores eléctricos.

- **Luxómetro.**
  Permite medir los niveles de iluminación.

Procedimiento para la instalación de equipos con tensiones de servicio inferiores a 600 V "en caliente"

La instalación debe ser realizada por personal debidamente calificado como es el caso de un ingeniero electricista o técnico instrumentista eléctrico de mando medio, pero con entrenamiento en los siguientes equipos: Dranetz, RPM, Memobox, ABB o similar y siempre supervisado por un ingeniero electricista de campo.

Tabla N° 3.
Procedimiento

ETAPAS	RIESGOS POTENCIALES	PROCEDIMIENTO
1. Asignación de la tarea programada	• Posibilidad de accidentes	• La tarea deberá hacer el técnico con su ayudante
2. Verificar que el EPP esté de acuerdo a la tarea asignada	• Accidente por uso inadecuado de los EPPs. • Accidente por no usar los EPPs. • Accidente por deterioro de los EPPs.	• Para toda actividad uso obligatorio de casco, lentes, guantes dieléctricos, zapatos dieléctricos, herramientas aisladas. • Verificar el buen estado de los EPPs
3. Revisión del equipo a utilizar.	• Accidente por deterioro del equipo y sus componentes. • Accidente por mala instalación.	• Antes de medir, el equipo debió ser probado en taller o laboratorio. • Verificar el buen estado del equipo y sus componentes de tensión y corriente. • Verificar que el aislamiento no tenga, cortes, rajaduras, abolladura, etc.
4. Reconocimiento previo de la zona de trabajo	• Accidente por pisos húmedos, etc. • Accidente por mal estado de las instalaciones. • Accidente por zona inaccesible.	• Inspeccionar la zona de trabajo y evaluar el riesgo. • En caso de riesgo solicitar el apoyo del área correspondiente • En caso de alto riesgo, suspender el trabajo.
5. Identificación y aislamiento de la zona de trabajo	• Accidente por intervención de terceros. • Accidente por arranque intempestivo de máquinas.	• Delimitar la zona de trabajo utilizando cintas, cortinas y/o carteles con advertencia de peligro de peligro, que eviten interferencias de personas ajenas al trabajo.
6. Verificación previa tensiones y corrientes del circuito analizado	• Accidente por tensiones mayores a 600 V. • Accidente por corrientes elevadas.	• Verificar el nivel de tensión del circuito (en caso de tensiones superiores a 600V suspender la tarea) • Verificar las corrientes del circuito y seleccione el reductor de corriente adecuado.

ETAPAS	RIESGOS POTENCIALES	PROCEDIMIENTO
7. Instalación del equipo de medición para registrar parámetros eléctricos	• Accidente y deterioro del instrumento por conexionado incorrecto. • Accidente por mal aislamiento del circuito de potencia. • Accidente por desprendimiento de algún cable de potencia o contacto con elemento metálico. • Accidente por corto circuito. • Accidente por exceso de confianza.	• Verificar el tipo de conexionado • Antes de cualquier conexión, conecte el conductor verde del equipo a tierra. • Verificar la temperatura del circuito. • Verificar el estado de aislamiento de los conductores del circuito. • No portar elementos metálicos personales que puedan desprenderse y provocar un corto circuito. • El equipo instalado no debe estar expuesto a otros circuitos energizados. • Evitar el exceso de confianza y concentrarse en la tarea riesgosa.
8. Toma de datos del circuito y del equipo instalado	• Accidentes por no mantener distancias mínimas de seguridad. • Accidente por iluminación deficiente en la zona.	• La distancia mínima será de 50 cm. • Garantizar buena iluminación
9. Transferencia de datos y retiro del equipo	• Accidente por desprendimiento de algún cable de potencia. • Accidente por corto circuito. • Accidente por exceso de confianza.	• Evitar forcejeos en los cables de potencia • No portar elementos metálicos personales que se puedan desprender y provocar un corto circuito. • Evitar el exceso de confianza. • Garantizar buena iluminación

EPP: Equipo de protección personal
Fuente: Elaboración FONAM

Para realizar la medición de los parámetros de desempeño del sistema o equipo evaluado, se deben previamente establecer las variables a consignar y los lugares específicos donde se efectuarán las mediciones.

Por tanto es importante definir para cada equipo o en cada sistema energético las principales características técnicas de operación, y establecer la operación considerando la aplicación de las prácticas recomendadas o buenas prácticas.

Asimismo, para la realización de los procedimientos indicados en la campaña de mediciones se debe considerar la normativa vigente dispuesta para la seguridad y salud ocupacional en el trabajo según lo indicado en la Ley 3022, que tiene como objetivo promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país. Para ello, cuenta con el deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales, quienes, a través del diálogo social, velan por la promoción, difusión y cumplimiento de la normativa sobre la materia.

4.2.5 Etapa 5: Evaluación de Registros - Línea base energética: consumos y costos de la energía

Los registros obtenidos en la campaña de mediciones proporcionarán la información que deberá ser evaluada, validada y analizada, afín de verificar la consistencia de datos y descartar los datos no reales. Y servirá para obtener lo siguiente:

- El rendimiento y consumo real de los equipos generadores o consumidores de energía eléctrica o térmica por usos y sectores. Se incluyen los costos de los insumos y costo de producción, porque finalmente al empresario

le interesa saber cuánto le cuesta implementar la eficiencia energética en su industria y cuál es el beneficio económico que va a obtener.
- El rango de eficiencia energética de los equipos o sistemas principales.
- La calidad de energía y su aplicación para la seguridad y confort del personal (iluminación, ventilación, etc.) y las deficiencias en las instalaciones eléctricas de la empresa (seguridad eléctrica).
- La calidad de energía térmica en cuanto al uso, seguridad y confort del personal y las deficiencias en las instalaciones que comprometan la seguridad de las personas.
- Identificación de malos hábitos de consumo.

Se realizan cálculos, estimaciones, balances de masa y energía, flujo gramas, etc, para determinar la participación de la energía en el proceso productivo. La intención será conocer en detalle cómo se está utilizando la energía en las áreas, zonas y hasta por equipo o maquinaria.

Una manera de evaluar los consumos es elaborando índices energéticos (relación del consumo energético con la producción) de tal manera de poder comparar lo actual con el futuro, luego de haber realizado mejoras en las instalaciones.

a) Indicadores:

Consumo de energía eléctrica (kWh)/ Producción (t)
Consumo de combustible (gal ó Sm3 ó kg) /Producción (t)

Finalmente, con los resultados se constituye la línea de base que va servir como referencia para las futuras acciones a implementar y lograr el beneficio esperado.

El establecimiento de una línea de base permite evaluar el impacto de las recomendaciones asociadas con buenas prácticas de mínima inversión y mejoras tecnológicas con grado de inversión orientadas a reducir costos de operación y mejorar la calidad del servicio.

b) Determinación de la Línea de Base:

Proporciona la información sobre el estado actual del consumo e indicadores energéticos, los cuales, comparándolos con las siguientes auditorías, brindarán la información del grado de eficiencia que se viene desarrollando.

La línea base deberá estar expresada en forma cuantitativa y ser consistente con la situación real del sistema energético a efectos de comparación en un período determinado.

4.2.6 Etapa 6: Identificación de Oportunidades de Mejoras en Eficiencia Energética

En esta etapa se identifican las oportunidades de mejora, determinando el potencial de ahorro energético, los equipos críticos y recomendaciones de las alternativas técnicas de mejoramiento y/o sustitución.

En esta etapa se obtiene la siguiente información:

- Inventario de equipos y artefactos consumidores de energía.
- Diagrama de flujo de procesos de la empresa.

- Diagrama de carga del consumo de energía, en Diagrama de Sankey o similar.
- Oportunidades de mejora energética (sustitución o mejora de equipos y/o cambio de hábitos).
- Determinación de los centros de costos energéticos, que nos permitirá conocer y mejorar el consumo de cada energético por área o proceso especificado.
- Mejora en los procesos de la entidad.

4.2.7 Etapa 7: Evaluación técnica-económica-financiera de las Mejoras planteadas

En esta etapa del diagnóstico energético se evaluará la viabilidad técnica y económica de las mejoras identificadas por el ahorro energético y, para lo cual se recomienda desarrollar los siguientes aspectos.

4.2.7.1 Evaluación técnica-económica

Se evalúan los aspectos técnicos económicos, su costo y viabilidad de implementación, considerando el retorno de la inversión y las oportunidades identificadas para establecer cuantitativamente el ahorro económico y energético.

El ahorro de energía atribuible a las recomendaciones asociadas con buenas prácticas de consumo y con reemplazo de equipos adecuados está en función a la eficiencia de las unidades involucradas, la capacidad de los equipos, las horas de operación y diversas condiciones relacionadas con la naturaleza de los procesos industriales.

El ahorro de energía se refiere a un período determinado, el cual puede ser mensual o anual. Los ahorros de energía se expresan en kWh, en Jouls y en Dólares Americanos.

a) Evaluación del ahorro de energía proyectado

A manera metodológica el ahorro energético logrado por PTTGC6 de Tailandia durante los años 2013-2016 fue de 469 272 GJ debido a medidas de eficiencia energética como:

- Revestimiento en el interior de calentadores de fuego con materiales cerámicos para reducir las pérdidas de radiación y la formación de escalas de oxidación
- Instalación de los intercambiadores de calor de efluente para la unidad de plataformas.
- Modificación de redes de tuberías para introducir alimentaciones calientes a las unidades siguientes del proceso.

b) Evaluación del beneficio económico esperado

El beneficio económico deberá estar expresado en el mismo período para el cual se ha efectuado el cálculo del ahorro económico (mensual o anual). En el presente caso el beneficio económico ya está calculado.

El beneficio económico (BE) calculado es el siguiente

BE = US 5 599 714 por 4 años
BE = US 1 399 928,50 / año

c) Evaluación del costo de implementación y retorno de inversión

Para implementar la mejora se hizo una inversión de US$ 1 231 934. Es decir, el costo de implementación es el siguiente:

IMP = Costo de implementación de la mejora (US$)
IMP = US$ 1 231 934 por 4 años
IMP = US$ 307 983,50 / año

Existen varios métodos para establecer el retorno de inversión de las oportunidades y recomendaciones para el ahorro de energía y obtención de beneficio económico.

Entre ellos, se incluyen:

- Retorno de inversión (RI)
- Valor actual neto (VAN)
- Tasa interna de retorno (TIR)
- Relación Costo/Beneficio (B/C)

El periodo de retorno simple es lo suficientemente apropiado para evaluar la rentabilidad en proyectos con retornos menores a los 2 ó 3 años. A medida que este retorno se hace más prolongado, se hace necesario considerar los métodos VAN y TIR. En el presente caso, calcularemos el periodo de retorno y los demás indicadores para tener como referencia.

El periodo de retorno o retorno de la inversión simple se calcula mediante:

$$RI = \frac{IMP}{BE}$$

Donde:

IMP = Costo de implementación de la mejora (US$)
BE = Ahorro económico (US$/año)
RI = Retorno de inversión (años y meses)

$$RI = \frac{\text{US\$ US\$ 307 983,50}}{\text{US\$ 1 399 928,50 /año}}$$

RI = 0,21999945 años
RI = 2,64 meses

Con este resultado se puede concluir que el costo de implementación de la mejora realizada será recuperado en 2,64 meses aproximadamente.

En cuanto a los métodos de valor actual neto y tasa interna de retorno, se involucran las siguientes variables de análisis.

P = Valor Presente o valor actual
A = Valor Anual o Anualidad
F = Valor futuro
N = Vida Útil del proyecto
I = Tasa de Interés

En éste contexto, es posible definir factores que permitan transformar el valor presente en anualidades o valor futuro, tal como se muestra a continuación.

Tabla Nº 4.
Fórmulas de valor presente y futuro

$\left(\frac{F}{P}\right) = (1+i)^n$	$\left(\frac{F}{A}\right) = \frac{(1+i)^n - 1}{i}$
$\left(\frac{P}{F}\right) = \frac{1}{(1+i)^n}$	$\left(\frac{A}{F}\right) = \frac{i}{(1+i)^n - 1}$
$\left(\frac{P}{A}\right) = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$	$\left(\frac{A}{P}\right) = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$

Por ejemplo, para una tasa de descuento de 11 % en un periodo de 12 años el factor A/P resulta:

A/P = [11 $(1+11)^{12}$] / [$(1+11)^{12}$ - 1]
A/P = 0,154026954

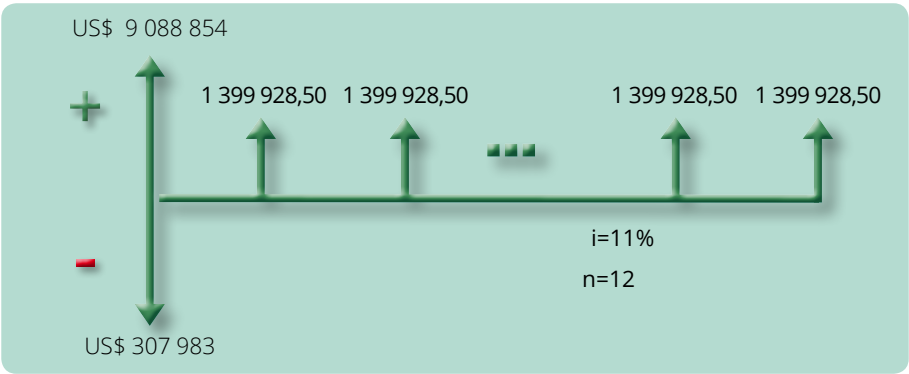
El valor presente se determinará aplicando la siguiente fórmula:

P = Valor Anual / Factor A/P = 1 399 928,50 / Factor A/P
P = US$ 9 088 854,02

Es decir, un ahorro anual de US$ 1 399 928,50 durante un periodo de 12 años a una tasa de descuento del 11 % equivale en el tiempo presente a US$ 9 088 834,19

En la Figura N° 12, se muestra el análisis del VAN el cual resulta en un beneficio positivo de US$ 9 088 834,19. Este indicador es puntual, porque solo se trae a valor presente el beneficio económico. Se usa para cálculos puntuales y pago de deudas.

Figura N° 12.
Análisis utilizando el Valor actual



Fuente: Elaboración FONAM

4.2.7.2 Análisis de sensibilidad de los indicadores económico-financiero

El análisis de sensibilidad de los indicadores económico-financieros de la rentabilidad de un proyecto de eficiencia energética deberá considerar posibles variaciones tanto en el costo de implementación como en el beneficio económico.

a) Variación de la tasa de descuento

Considerando los datos de la medida adoptada y los indicadores económicos, podemos ver los siguientes resultados para un análisis de sensibilidad de la tasa de descuento, con lo cual puede comprobarse que el ahorro de energía es rentable para una tasa de descuento de 10 % y de 11 %, pero no necesariamente para 12 %, pues a esta tasa la relación beneficio/costo se hace negativo.

Esto se puede ver en la Tabla N° 5.

Tabla N° 5.
Análisis de sensibilidad de la tasa de descuento

INDICADOR	TASA DE DESCUENTO		
	10 %	11 %	12 %
TIR (%)	113,62	113,62	113,62
VPN (S/.)	8 306 747,37	7 856 900,41	7 439 747,02
B/C	7,74	7,38	-9,04

Fuente: Elaboración FONAM

b) Variación de ahorro económico y el costo de implementación

Si consideramos una variación de +/- 5 % y +/- 10 % tanto en el ahorro económico (beneficio económico) como en el costo de implementación, los resultados del indicador retorno de inversión variará en el rango de 2,16 a 3,23 meses, y de 0,18 a 0,27 años.

Esto se puede ver en la Tabla N° 6.

Tabla N° 6.
Análisis de sensibilidad del retorno de inversión (meses)

	Variación del Beneficio Económico (meses)				
	-10 %	-5 %	0	5 %	10 %
-10 %	2.64	2.50	2.38	2.26	2.16
-5 %	2.79	2.64	2.51	2.39	2.28
0	2.93	2.78	2.64	2.51	2.40
5 %	3.08	2.92	2.77	2.64	2.52
10 %	3.23	3.06	2.90	2.77	2.64

Tabla N° 7.
Análisis de sensibilidad del retorno de inversión (años)

	Variación del Beneficio Económico (años				
	-10 %	**-5 %**	**0**	**5 %**	**10 %**
-10 %	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18
-5 %	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19
0	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20
5 %	0.26	0.24	0.23	0.22	0.21
10 %	0.27	0.25	0.24	0.23	0.22

Fuente:Elaboración FONAM

4.2.8 Etapa 8: Informe de Auditoría Energética

La evaluación energética como documento final puede llamarse Auditoría Energética, Diagnóstico Energético, Estudio o Evaluación de Eficiencia Energética, Estudio de Uso Racional de Energía, etc, y de acuerdo al interés particular del empresario puede adoptar uno de estos nombres u otro similar.

El informe final de la auditoría energética debe contener, la línea base y las oportunidades de ahorro, así como la implementación de mejoras propuestas.

A continuación, se muestra el contenido mínimo:

1. Resumen ejecutivo
2. Objetivo
3. Introducción
   - Antecedentes
   - Auditores energéticos
   - Características de la empresa
   - Suministro de electricidad, combustibles y otros energéticos
4. Estado actual del consumo de energía (línea base)
5. Análisis de los subsistemas energéticos
   - Equipos generadores y consumidores
   - Iluminación
   - Aire acondicionado, ventilación y refrigeración
   - Equipos electromecánicos
   - Otros subsistemas (red de vapor, bombeo, aire comprimido, etc.)
6. Mediciones eléctricas y térmicas
7. Oportunidades de mejoras detectadas
8. Evaluación técnico-financiera de las medidas de mejora y sugerencias
9. Cronograma de implementación de mejoras
10. Conclusiones y recomendaciones
11. Anexos mínimos:
    - Diagramas unifilares eléctricos, diagrama de Sankey o similar.
    - Planos de distribución: eléctrico, agua, desagüe, etc.
    - Consumo histórico de energéticos (electricidad, combustibles, energía solar, eólica, etc.)
    - Mediciones realizadas
    - Notas de cálculo de determinación de tamaños de equipos recomendados.
    - Otros relevantes

4.2.9 Etapa 9: Propuesta de Implementación de Mejoras

Las propuestas de implementación de mejoras, también podrán considerar la utilización constante de tecnologías de auditoría energética de última generación presentes en el mercado, tales las cuales permitirán una administración o gestión de la energía a través del monitoreo en línea de sus consumos energéticos (entre otros indicadores) de forma inmediata. Las mismas que deberán ser incluidas en el Informe Final de Auditoría.

4.3 Seguimiento y monitoreo de las mejoras implementadas

Para implementar las mejoras recomendadas y lograr los beneficios económicos, existen varias modalidades, desde la firme decisión a través de un Comité de Energía formado al interior de la misma empresa, hasta la contratación externa de una Empresa de Servicios Energéticos que garantice el logro de este beneficio económico. La ventaja de lo último, es que en el contrato se puede estipular como objetivo la implementación y el logro del beneficio económico por parte de la Empresa de Servicios Energéticos.

Dependiendo del tamaño de la empresa, las mejoras sin inversión pueden ser implementadas directamente sin la intervención de un tercero, pero si requiere invertir para lograrlo, es necesario garantizar el beneficio para recuperar la inversión, por lo tanto, se sugiere adoptar medidas de control como se señala a continuación.

- **Monitoreo y fijación de metas (M&T)**

Existen varias modalidades de control para lograr los ahorros esperados, como aquellas reconocidas en muchos países por su efectividad, si es que se aplican correctamente, tal es el caso del Monitoring and Targeting (M&T) o un equivalente como es el plan de Medida y Verificación (M&V). En este documento nos vamos a referir al M&T como una metodología que permite programar actividades de ahorro de energía mediante el seguimiento, medición y control de los consumos energéticos en una Industria, a partir de una línea base establecida previamente en un diagnóstico energético.

En caso de solicitar financiamiento para implementar una mejora de ahorro de energía, el M&T puede sustentar ante la entidad financiera, que los beneficios económicos van a ser logrados en el plazo previsto por el programa.

La metodología de este sistema exige identificar los centros de consumo, aplicar e implementar llave en mano la recomendación, establecer indicadores que permitan hacer un seguimiento permanente y medir periódicamente para demostrar el beneficio económico, el cual será comparado con la línea de base establecida al inicio del programa.

Los elementos esenciales del sistema M&T son:

a. Registro: Medir y registrar el consumo de energía.
b. Análisis: Establecer indicadores energéticos para comparar consumo y producción

c. Comparación: Comparar consumos de energía antes y después del uso eficiente.
d. Metas: Establecer la meta para reducir o controlar el consumo de energía.
e. Monitoreo: Seguimiento permanente de la evolución del consumo de energía
f. Reporte: Reportar los resultados, incluyendo variaciones de la meta.
g. Control: Controlar medidas de gestión para corregir variaciones.

A modo de ilustración, de este sistema en el Tabla 8 se muestra el ejemplo de una variación del consumo específico de energía en función de los barriles de hidrocarburo producidos.

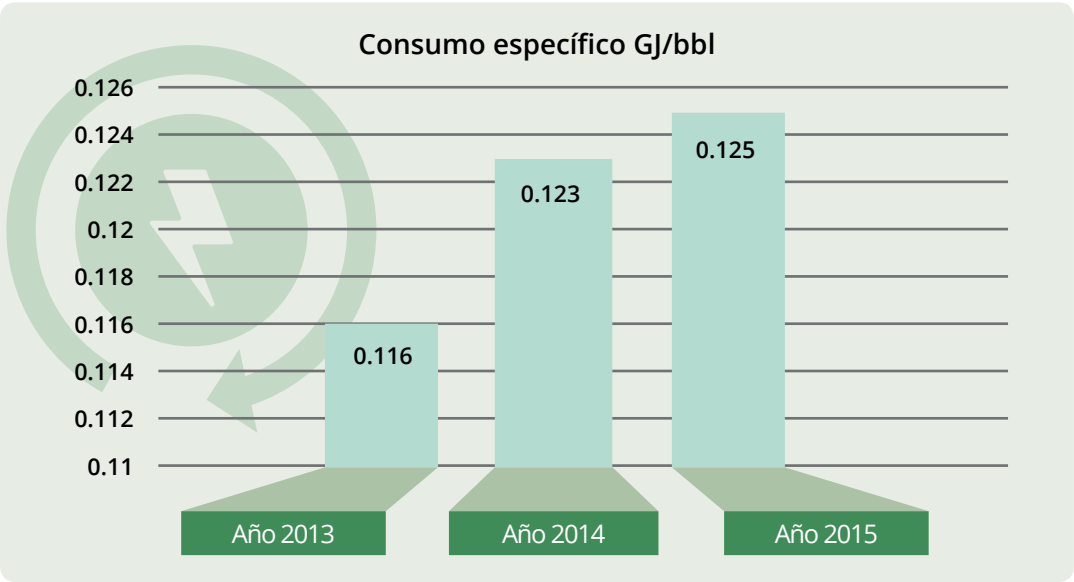
Tabla N° 8.
Línea base de Consumo Específico

(Producción de refinería Conchán)	
Periodo	**GJ/bbl**
Año 2013	0,116
Año 2014	0,123
Año 2015	0,125
Promedio	0,121

Fuente: Publicación PETROPERU, 2017

En la Figura N° 13 se puede observar como varía el consumo específico GJ por barril de hidrocarburo producido en un periodo de tres años.

Figura N° 13.
Variación Anual del Indicador Energético



Fuente: Elaboración FONAM de publicación PETROPERU, 2017

Es normal que la cantidad de energía consumida varíe de acuerdo a la producción y otros factores, pero si hablamos del consumo especifico, esta no debería tener variaciones por cuanto está referida a una unidad productiva solamente.

En el ejemplo mostrado, se tiene una producción total de barriles de hidrocarburo producido en la refinería, y se puede establecer un consumo especifico con tendencia creciente a través de un periodo de tres años. En la Figura N° 13 se observa como el consumo específico varía durante este periodo, por lo que se hace necesario analizar y explicar, cuál es el motivo por el que un barril de hidrocarburo producido consumió 0,116 GJ en el año 2013 y el mismo barril 0,125 GJ en el año 2015. Luego del análisis realizando y la implementación de las correcciones apropiadas, se debe volver a medir para comprobar la efectividad de las correcciones. La tendencia recomendada del consumo especifico sería como mínimo mantenerse constante y en el futuro debería disminuir, o sea menor consumo energético.

- **Protocolos de medición y verificación**

Luego de identificar las mejoras en la planta para lograr la eficiencia energética, se hace necesario su implementación para obtener el beneficio económico esperado. El M&T brinda las herramientas necesarias para lograr el ahorro, pero a su vez requiere de una medición y verificación precisa y confiable, más aún si se ha solicitado recursos a una entidad financiera.

Para validar las mejoras logradas en una industria es conveniente adoptar el protocolo IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol), desarrollado por la Efficiency Valuation Organization (EVO).

- **El Protocolo IPMPV**

El protocolo define cuatro opciones de cálculo para la medición y verificación de los ahorros, tomando como referencia la línea de base que luego será comparado, se deberá seleccionar una de las opciones de medición y verificación.

Opción A: análisis parcial de la zona aislada, donde se efectúa una medida de mejora energética

- Análisis solo de la mejora realizada en una zona o equipo consumidor.
- Medición efectiva solo del parámetro involucrado en la mejora y el resto puede ser estimado con datos estadísticos u otros proporcionados por la planta.
- La aplicación se usa generalmente para la sustitución de equipos, asumiendo que no hay interacción de consumos con otros equipos.

Opción B: análisis total de la zona aislada, donde se efectúa una medida de mejora energética

- Análisis solo de la mejora realizada en una zona o equipo consumidor.
- Medición efectiva de todos los parámetros involucrados dentro de los límites señalados para la mejora.

- La aplicación es generalmente utilizada para la sustitución de equipos, en los que se haya definido los límites de medición para la zona involucrada.

Opción C: Análisis de una instalación completa

- Análisis de toda la instalación, y donde se ubica la mejora recomendada.
- Medición efectiva y continua de todos los parámetros necesarios para lograr la mejora recomendada.
- La aplicación es generalmente utilizada en las plantas donde hay varias mejoras relacionadas entre sí.

Opción D: Análisis por simulación

- Análisis calibrado utilizando programa de simulación.
- El programa puede simular o predecir consumo energético y/o consumo de escenarios de referencia.
- Se utiliza generalmente cuando no existe o no están disponible los datos de referencia. También se utiliza cuando los consumos a medir están encubiertos por otros factores difíciles de cuantificar. En caso que las opciones A, B y C sean muy difíciles de cuantificar o son muy costosas se puede usar esta opción D.

5

USOS INADECUADOS DE ENERGÍA Y LAS BUENAS PRÁCTICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

5 USOS INADECUADOS DE ENERGÍA Y LAS BUENAS PRÁCTICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

El uso de la energía ha sido fundamental para el desarrollo mundial, desde los inicios de la industrialización esta ha sido utilizada en forma desmedida e irracional, nuestro país que también aspira a la industrialización no ha sido la excepción y es por eso que se debe impulsar las buenas prácticas en el uso de esta energía.

5.1 Buenas Prácticas para evitar usos inadecuados de la Energía

Las labores cotidianas en una planta industrial, suelen acostumbrar a los trabajadores y a directivos, a preocuparse más que el proceso productivo no se detenga, pasando por alto todo las anomalías o detalles negativos que se puedan percibir; y como no afecta a la marcha de la producción, no se le da mayor importancia.

Precisamente varias o muchas de estas anomalías pueden ser malas prácticas de uso de energía que originan derroches que afectan a la eficiencia productiva, elevando los costos de producción. Estas anomalías o malos hábitos pueden ser mejor apreciados en equipos, máquinas o accesorios de la planta industrial.

Existen las buenas prácticas, orientadas al uso eficiente de la energía asociada a la utilización adecuada de equipos y sistemas de producción que pueden significar oportunidades de mejora y optimización sin inversión o con muy baja inversión; logrando reducir consumo energético, menor costo de producción y mayor beneficio económico para la empresa.

Las buenas prácticas que pueden ser consideradas como oportunidades de ahorro Sin o con muy baja inversión en una refinería, se muestran a continuación:

Tabla N° 9.
Mejoras de buenas prácticas

	Calderas
1	La presión del caldero debe ser un poco más de la presión requerida por el proceso, con la finalidad de compensar las pérdidas de traslado del vapor; si no es suficiente hay un problema de capacidad del caldero que debe ser analizado. Las calderas que trabajan a elevadas presiones o por encima de lo requerido en el proceso, originan mayor consumo de combustible.
2	Mantener siempre la carga del caldero alrededor del 80 %, es decir operando a plena carga, cargas inferiores reducen la eficiencia global.
	Línea de distribución de vapor
3	Sellar las fugas reparando partes de tubería, desarmar y limpiar válvulas y trampas de vapor. Las fugas de vapor en tuberías y accesorios (válvulas, trampas, etc), origina mayor consumo de combustible en el caldero.
4	Se recomienda eliminar tramos de tubería de vapor que ya no forman parte del proceso; con ello, tendremos un menor consumo de combustible en el caldero.
	Aire acondicionado
5	Setear la temperatura utilizando estándares recomendados de acuerdo al ambiente enfriado, evitando así consumos excesivos de electricidad para el confort. Mantener ambientes muy fríos innecesariamente origina derroche de electricidad.
6	Mantener sellados las paredes y puertas de los ambientes acondicionados, evitando infiltraciones de aire caliente; lo que evitaría mayor consumo de electricidad. En ambientes con aire acondicionado, cubrir las ventanas grandes, mamparas y puertas de vidrio transparente
7	Ubicar equipos de aire acondicionado en zonas frescas, ventiladas y bajo techo, ya que, si los ubicamos en zonas cercanas a fuentes de calor o expuestas al sol, ocasiona mayor consumo de electricidad.
	Motores
8	Se recomienda evitar tener motores operando en vacío en las áreas productivas, así evitaremos derrochar electricidad.
9	Se recomienda evitar tener motores operando en vacío en las áreas productivas, así evitaremos derrochar electricidad.
10	Se recomienda evitar el arranque simultáneo de varios motores y hacer una mejor distribución de cargas, así evitaremos elevados picos de demanda con mayor consumo de electricidad.
11	Intercambiar motores internamente con una previa redistribución de cargas, con ello evitaremos operar motores con bajo factor de carga y en condiciones distintas a las nominales, lo que originaría mayor consumo eléctrico.
12	Evitar arranques frecuentes en un motor. Evitar sobre calentamiento y sobretensión del motor.
	Bombas
13	Utilizar una bomba de menor capacidad para aplicaciones específicas. Para atender cargas parciales, no se debe utilizar bombas estranguladas, en serie o paralelo, ello genera derroche de electricidad. Utilizar una sola bomba de gran capacidad para atender todo el proceso puede originar baja eficiencia y mayor consumo eléctrico; evalué el sistema más óptimo.

14	En ocasiones se utilizan bombas en condiciones de caudal y altura de presión distintas a lo establecido por el diseño original del sistema, originando mayor consumo de electricidad. Se recomienda utilizar la bomba de acuerdo al caudal y altura de agua del diseño del fabricante.
15	Reparar las fugas antes de reemplazar la bomba. Para incrementar la presión de las bombas, verificar si la causa de la baja de presión se debe a fugas en las tuberías o válvulas.
16	Poner particular atención a las bombas en paralelo, adicionar más bombas puede hacer que el sistema total sea progresivamente menos eficiente.
17	Usar tuberías de baja fricción sobre todo cuando considere renovar las tuberías viejas. Minimizar el número de cambios de dirección en la tubería. Evaluar el redimensionamiento de tuberías y accesorios para optimizar la operación de la bomba.
18	Si por razones de emergencia se intercambian bombas en diferentes partes de la planta, pasado la emergencia, considerar las características del proceso para el retorno de la bomba o reemplazarla por otra.
19	Controlar horas de operación, en particular durante horas punta. Programar el mantenimiento oportuno de la bomba. Evaluar la instalación de controladores de máxima demanda si el proceso lo permite.
20	Para adquirir un nuevo equipo, seleccionar una bomba eficiente y operarla cerca de su flujo de diseño. Comprobar si la presión de la bomba es satisfactoria. En ampliaciones o proyectos energéticos nuevos evitar el sobre dimensionamiento de las bombas.
	Iluminación
21	Se recomienda evitar mantener lámparas encendidas durante períodos no productivos, horas de descanso del personal o en zonas de almacenes sin personal en el interior, ello origina derroche de electricidad y mayor costo de operación.
22	No encender todas las lámparas para efectuar tareas de mantenimiento o limpieza en horarios no productivos. Limpiar de polvo las lámparas y sus pantallas. Apagar las lámparas innecesarias y reducir al mínimo imprescindible la iluminación en exteriores. No sobre ilumine áreas innecesariamente, para ello verifique los estándares de iluminación por áreas, con un luxómetro.
23	Se recomienda utilizar lámparas y/o fluorescentes a diferentes alturas de acuerdo a la iluminación requerida en el punto de operación. Si las colocamos a gran altura nos obliga a usar lámparas de más potencia para tener buena iluminación, con el consiguiente incremento del consumo eléctrico.
24	Reemplazar balastos magnéticos por balastros electrónicos. Si no se retiran las lámparas quemadas y/o defectuosas de las luminarias, ocasionarán un consumo de electricidad innecesario en el reactor de la lámpara.
	Compresores
25	Controlar la presión y utilizar el aire mínimo requerida por el proceso. Evitar operaciones en vacío. En ampliaciones o proyectos nuevos evitar el sobre dimensionamiento de los compresores. Evitar el uso de aire comprimido para limpieza, aire fresco, etc.
26	Evitar el ingreso de aire húmedo al compresor. La toma aire debe ser de aire frío externo directo o mediante ducto para el compresor, de acuerdo a las condiciones climáticas de la región. Ubicar la admisión de aire al compresor lejos de una fuente de calor.
27	Considerar el uso de ventiladores o sopladores para aplicaciones que requieren poca presión. Considerar alternativas como el uso de herramientas eléctricas en vez de usar aire comprimido. No utilizar el compresor para aplicaciones de aire a baja presión.

Elaboración: FONAM

5.2 Oportunidades de mejoramiento u optimización

A modo de ejemplo ilustrativo se muestra los potenciales ahorros identificados en una refinería luego de un estudio realizado.

Tabla N° 10.
Ahorros potenciales de energía eléctrica en una refinería

Etapa	Potencial de mejora	Ahorro eléctrico	
		kWh/año	%
Deshidratación del crudo	Cambio de bomba de aceite	28 728	5,1
Centrifugación	Cambio de bomba de tanque	11 880	2,1
TOTAL		40 608	7,2

Fuente: Auditoría energética de la planta de tratamiento y recuperación de crudo intemperizado de EP PETROECUADOR, 2012

Tabla N° 11.
Ahorros potenciales de energía térmica en una refinería

Etapa	Potencial de mejora	Ahorro gas natural	
		MWh/año	%
Deshidratación del crudo	Cambio de diseño de calentador de aceite	1 043	14,2
Centrifugación	Cambio de diseño de calentador de crudo	430	5,9
TOTAL		**40 608**	**20,1**

Fuente: Auditoría energética de la planta de tratamiento y recuperación de crudo intemperizado de EP PETROECUADOR, 2012

A continuación, en la tabla 12 se muestran las recomendaciones de potenciales de ahorros de energía por eficiencia energética, enfocado desde la perspectiva de los equipos utilizados en una refinería, y tomando como modelo de presentación las recomendaciones del Manual de Eficiencia Energética de Donald R. Wulfinghoff.

Por el lado económico, se han categorizado las oportunidades de mejoras para una refinería de petróleo, según rangos que se presentan a continuación:

- Sin Inversión, cuando es 0 US$
- Baja Inversión, se considera de 0 a 100 000 US$,
- Mediana Inversión, se considera de 100 000 a 1 000 000 US$
- Alta Inversión, se considera de más de 1 000 000 US$.

Tabla N° 12.
Mejoras energéticas y sus potenciales ahorros de energía

A. Sistema de enfriamiento

N°	Mejora energética	Potencial de ahorro	Periodo de retorno	Inversión
1	Instalar y mantener un control de purga automática en la torre de enfriamiento o en el condensador de evaporación	30 a 60 %	De 1 a 2 años	Baja
2	Instalar limpiadores automáticos de tubos de condensador	3 a 12 %	De 1 a 2 años	Baja
4	Instalar un control automático de temperatura para el enfriamiento del agua del enfriador	5 %	Menos de 1 año	Baja

Elaboración: FONAM

B. Calderas

N°	Mejora de eficiencia energética	Potencial de ahorro	Periodo de retorno	Inversión
1	Instalar economizadores para recuperar calor de los gases de combustión y reducir consumo de combustible	10 a 20 %	De 2 a 3 años	Media
2	Evaluar instalar sistema de cogeneración, para generar calor y electricidad en forma simultánea.	10 a 30 %	Más de 3 años	Alta
3	Reemplazar quemadores obsoletos por otros más eficientes	5 a 20 %	Más de 3 años	Baja
4	Considerar uso de calderas más pequeñas, para cargas parciales o para requerimiento de menor temperatura o presión	10 a 30 %	Menos de 2 años	Baja
5	Usar gas natural o GLP en reemplazo del petróleo	10 a 30 %	Más de 2 años	Media
6	Instalación de un controlador automático para el funcionamiento de calderas	1 a 10 %	Más de 2 años	Baja
7	Optimización de la Eficiencia de Combustión de la Caldera. Calibrar periódicamente la relación aire combustible utilizando equipos de análisis de gases. Si no se logra la calibración, puede ser un problema del quemador, del sistema de combustión o del combustible. Tener en cuenta que cuando no se controla la relación aire combustible, el caldero consume más combustible.	2 a 10 %	Menor de 3 años	Baja
8	Verificar el estado de las paredes externas del caldero y su temperatura, para determinar el nivel de fuga de calor, mediante un analizador termo gráfico.	Por definir según proyecto	Menor de 2 años	Baja

Elaboración: FONAM

C. Líneas de distribución de vapor

N°	Mejora de eficiencia energética	Potencial de ahorro	Periodo de retorno	Inversión
1	Las trampas de vapor, válvulas y otros accesorios no suelen evidenciar físicamente las fugas de vapor porque se produce en su interior. Esto también es pérdida de vapor y agua, y mayor consumo de combustible en el caldero. La buena práctica indica implementar un plan de mantenimiento periódico de reparación y/o reemplazo de trampas, válvulas y accesorios defectuosos	5 a 10 %	Más de 2 año	Media
2	Las tuberías de vapor calientes por carecer o tener deteriorado el aislamiento, originan mayor consumo de combustible en el caldero. La buena práctica recomienda reparar aislamientos y efectuar plan de mantenimiento periódico.	3 a 10 %	Más de 1año	Media
3	Aislar las tuberías de retorno de condensado al caldero.	5 a 10 %	Más de 1 año	Media

Elaboración: FONAM

D. Proceso productivo

N°	Mejora de eficiencia energética	Potencial de ahorro	Periodo de retorno	Inversión
1	Calentar insumos para procesos productivos que luego se enfrían y más adelante se vuelven a calentar, es un derroche de calor y origina mayor consumo de combustible. La buena práctica indica evaluar el proceso productivo considerando esta deficiencia para corregirla, o recuperar algún calor perdido para precalentar dicho insumo.	5 a 25 %	Más de 2 años	Media
2	Recuperar calor perdido de calderas u hornos, para precalentar o secar materia prima húmeda.	5 a 20 %	Más de 2años	Media

Elaboración: FONAM

E. Aire acondicionado

N°	Mejora de eficiencia energética	Potencial de ahorro	Periodo de retorno	Inversión US $
1	Evitar en lo posible el uso de aire acondicionado en horas punta, con la finalidad de reducir el consumo de electricidad. Evaluar la instalación de controladores de máxima demanda si el proceso lo permite	5 a 15 %	Más de 1 año	Baja
2	Considere el uso de variadores de velocidad para sistemas de aire acondicionado	5 a 10 %		
3	Considere el uso de motores de alta eficiencia en los ventiladores. Considere el uso de fajas de transmisión de alta eficiencia en los ventiladores	5 a 20 %	Más de 2 años	Baja
4	Evitar en lo posible el uso de aire acondicionado en horas punta, con la finalidad de reducir el consumo de electricidad. Evaluar la instalación de controladores de máxima demanda si el proceso lo permite	5 a 15 %	Más de 1 año	Baja

Elaboración: FONAM

F. Motores

N°	Mejora de eficiencia energética	Potencial de ahorro	Periodo de retorno	Inversión
1	Reparar motores sin llevar un control de las veces que se ha realizado, contribuye a incrementar las pérdidas de eficiencia acumulada, con el consiguiente mayor consumo de electricidad. Se recomienda efectuar mantenimiento de los motores según especificaciones del fabricante.	5 a 15 %	Más de 1 año	Baja
2	Reemplazar motores de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia o eficiencia Premium	10 a 20 %	Más de 2 años	Media
3	En ampliaciones o proyectos nuevos evitar el sobre dimensionamiento de los motores. Para la compra de motores nuevos, verificar que sea de alta eficiencia; efectuar la evaluación económica considerando costos de operación durante la vida útil en adición al costo de inversión inicial. Evaluar la incorporación de variadores de velocidad u otros accesorios que permitan ahorrar energía.	10 a 20 %	Más de 2 año	Media
4	Implementar variadores de velocidad en los motores donde lo permita el proceso. Utilizar fajas de transmisión de alta eficiencia.	10 a 20 %	Más de 2 años	Media
5	Mejorar el factor de potencia mediante banco de condensadores individuales.	10 a 30 %	Más de 2 años	Media

Elaboración: FONAM

G. Bombas

N°	Mejora de eficiencia energética	Potencial de ahorro	Periodo de retorno	Inversión US $
1	En bombas de gran capacidad, es necesario un programa de monitoreo para calcular el tiempo óptimo de renovación. Efectuar mantenimiento oportuno según especificaciones del fabricante	5 a 15 %	Más de 1 año	Media
2	Evaluar la implementación de controles automáticos de presión y caudal. Implementar variadores de velocidad en el motor de la bomba.	10 a 20 %	Más de 2 años	Media

Elaboración: FONAM

H. Iluminación

N°	Mejora de eficiencia energética	Potencial de ahorro	Periodo de retorno	Inversión US $
1	Utilizar lámparas halógenas en lugar de vapor de mercurio, en áreas de producción; lámparas de vapor de sodio en áreas de almacenamiento. Evaluar el uso de tecnología más eficiente como son las luminarias LED, para todas las áreas donde sea posible.	10 a 30 %	Más de 2 años	Media
2	Utilice "timer" o sensores de luz natural para luces exteriores. Utilice "Dimmers" para reducir la intensidad de luz en periodos que se necesite poca luz, ejemplo durante la limpieza.	5 a 10 %	Más de 1 año	Media
3	Separar los circuitos de iluminación para que su control no dependa de un solo interruptor y se ilumine solo sectores necesarios. Evaluar el uso de sensores de movimiento u ocupación, en particular en áreas de almacenamiento. Utilizar un solo interruptor para encender varias lámparas, no es adecuado, se recomienda independizarlo lo más posible.	Por definir según proyecto	De 2 a 3 años	Media
4	Para reducir consumos de electricidad en la planta industrial utilizar al máximo la luz natural o pintar de color claro las paredes y techos de las áreas de producción y oficinas administrativas. Considerar los colores claros en mobiliario de oficinas.	Por definir según proyecto	Menos de 2 años	Baja

Elaboración: FONAM

Nota: Los "timer" son dispositivos temporizadores programables y los "dimmer" son dispositivos que reducen el consumo de energía, principalmente de un foco.

I. Compresores

N°	Mejora de eficiencia energética	Potencial de ahorro	Periodo de retorno	Inversión
1	Se operan los compresores en forma desordenada en lugar de instalar un tanque pulmón. Evaluar el uso del motor de alta eficiencia o eficiencia Premium para el compresor. Evaluar el uso de fajas de transmisión de alta eficiencia en el ventilador.	10 a 20 %	Más de 1 año	Baja
2	Utilizar el compresor en forma continua aun cuando el proceso no lo requiera es consumir electricidad inútilmente. Controlar las horas de operación, en particular durante el período de horas punta (18:00 a 23:00 h). Instalar controladores de máxima demanda si el proceso lo permite. Considerar la instalación de un compresor pequeño para usarlo durante los períodos de baja demanda.	5 a 10 %	Más de 1 año	Baja
3	Dimensionar el tamaño del compresor según la demanda, si se necesitan varios compresores usar un controlador. Dar mantenimiento al equipo regularmente, y evitar el uso de repuestos de baja calidad. Utilizar lubricantes sintéticos que permitan reducir consumos de energía y mitigar el impacto ambiental.	5 a 10 %	Más de 1 año	Baja
4	Usar el calor residual del de enfriamiento del compresor para calentar agua para el proceso o alguna área de producción	10 a 30 %	Más de 2 años	Media
	Buscar fugas de aire con un detector ultrasónico y repararlas lo más pronto posible. Verificar las caídas de presión a través de los filtros y reemplazarlos rápidamente. Usar válvulas solenoide para aislar máquinas con probables fugas. Reparar las múltiples fugas en la línea de distribución.	Por definir según proyecto	Menos de 2 años	Baja

Elaboración: FONAM

J. Sistema eléctrico

N°	Mejora de eficiencia energética	Potencial de ahorro	Periodo de retorno	Inversión US $
1	Operar dentro de las horas punta (18:00 a 23:00 h) implica pagar una tarifa de mayor valor. Efectuando modulación de cargas, se puede seleccionar solo cargas imprescindibles para trabajar en horas punta, evitando de este modo un mayor pago por facturación. Registrar y controlar los consumos de energía en áreas prioritarias del proceso mediante la instalación de equipos de medición.	10 a 20 %	Más de 1 año	Media
2	Revisando la facturación de energía eléctrica si existe consumo de energía reactiva importante, esto puede ser eliminado o reducido con un adecuado banco de compensación. Si ya se dispone de uno, revisar en forma periódica el correcto funcionamiento, o de lo contrario seleccionar y ubicar adecuadamente el banco de compensación reactiva (Compensación global, parcial e individual). Actualizar periódicamente los diagramas unifilares.	10 a 20 %	Más de 1 año	Media
3	Los picos repentinos de máxima demanda en horas punta, implica mayor costo en la facturación; esto debe ser controlado y vigilado adecuadamente. Considerar el uso de controladores de máxima demanda, de acuerdo a las características del consumo de energía de la planta y las funciones del controlador.	5 a 10 %	Más de 1 año	Media
4	Los transformadores de la planta industrial operando con baja carga o sobrecargados, implica pérdidas eléctricas y riesgo de siniestros; evitar esta situación planificando y redistribuyendo cargas, o financiar su reemplazo. Evaluar la compensación de energía reactiva en transformadores operando con baja carga.	10 a 30 %	Más de 2 años	Media
5	Mantener operativos equipos obsoletos en la línea operativa implica ineficiencia y mayor consumo de electricidad. Se debe planificar el crecimiento del sistema eléctrico de la planta con equipos nuevos y eficientes, a medida que lo requiere el proceso productivo.	Por definir según proyecto		
6	El crecimiento desordenado del sistema eléctrico de la planta como producto de la exigencia de demanda en el proceso productivo, implica mayor costo de facturación. Planificar un crecimiento ordenado y evaluar el cambio de nivel de Baja Tensión a Media Tensión para reducir costos.	10 a 20 %	Más de 3 años	Alta

Elaboración: FONAM

Cabe resaltar que, si se desea adquirir equipos con nueva tecnología, tales como las luminarias tipo LED y motores eficientes, deberán ser solicitadas de marca mundialmente reconocida y sobre todo que disponga del código de colores de eficiencia de acuerdo a la norma peruana.

Complementariamente a las mejoras recomendadas para lograr la eficiencia energética en la empresa; de manera ilustrativa se presenta en la tabla N°13, los resultados de una evaluación energética realizada en una refinería peruana.

Tabla N° 13.
Mejoras identificadas en una refinería de petróleo

N°	Oportunidad de mejora	Ahorro %	Inversión
1	Ampliación zona convectiva de hornos. Dos hornos fueron convertidos a gas natural en el año 2010, incluyendo la ampliación de sus zonas radiantes. Se propone también ampliar las zonas convectivas, estableciendo como objetivo de diseño, lograr una eficiencia mínima de 86 % en cada uno de los hornos. Esto puedo considerar la adición de recuperadores de calor para generar o sobrecalentar vapor para uso en planta de procesos.	10	Alta
2	Recuperación de condensados Existe un bajo nivel de retorno de condensados que se estima en un rango de 20 – 25 %, justificado en parte por el uso de vapor directo (del orden de 30 % en Planta), el sub-dimensionamiento de la red de condensados, obstrucción de líneas, puntos de consumo de vapor sin retorno, la ausencia de un mantenimiento de trampas, la presencia de fugas de vapor y eventualmente malas prácticas operativas. Se hace factible recuperar al menos un 60 % de condensados, efectuando un rediseño integral de las redes (líneas, colectores de drenaje, trampas de vapor, visores, y aislamiento térmico).	12	Media
3	Optimización del sistema de calentamiento de asfalto Los sistemas de calefacción de los tanques de asfalto tienen diseños improvisados de serpentines y calentadores. Se verifica fugas de vapor, y trampas de vapor sin retorno y en mal estado. Se propone, evaluar nuevo diseño frente a las opciones de: calentamiento con aceite térmico (Hot Oil); Calentamiento a fuego indirecto y Calentamiento eléctrico o una mixtura entre los que fuera conveniente. Reemplazar lo serpentines de vapor de los tanques por calentadores del tipo bayoneta, porque no se requiere calentar todo el producto del tanque (promoviendo su degradación), sino sólo el asfalto que será despachado. Además, debe verificarse el estado del aislamiento térmico de los tanques.	9	Media

N°	Oportunidad de mejora	Ahorro %	Inversión
4	Recuperación de calor del aerorefrigerante El aerorefrigerante E-34 A/B se encuentra a servicio del Gasóleo Liviano tiene un Duty = 5,7 x 10^6 Btu/h. Gran parte del calor sensible de este corte extraído de la UDV, se disipa libremente en la atmósfera. Se propone evaluar la posibilidad de recuperar el calor de este aerorefrigerante, usando intercambiadores de calor del tipo placas o de casco y tubos. Aprovechar esta energía para precalentar el crudo, lo que originará una disminución del consumo de gas natural en el Horno H-1. Este aerorefrigerante podrá quedar a servicio del agua de enfriamiento del sistema de eyectores multietapas; con ello, podrá superarse la restricción en la capacidad de diseño que presenta la actual torre de enfriamiento.	5	Media
5	Optimización de la combustión No existe un procedimiento, ni la práctica continua de realizar ajustes operativos de la combustión en hornos y calderos que permita evaluar con regularidad la calidad de combustión del gas natural en los equipos térmicos más intensivos de la refinería. Se propone implementar los procedimientos y la instrumentación necesaria fija o portátil (Analizadores de gases: % O_2 y ppm CO y Medidores de Opacidad) para monitoreo de la combustión, así como un programa periódico para regular los niveles de exceso de aire, el principal parámetro de control para minimizar las pérdidas energéticas.	3	Baja
6	Cambio del tratamiento de agua para calderos El tratamiento del agua para calderos actual, es un sistema de ablandamiento por intercambio iónico con resinas y desgasificación en el desarenador (D-105); además se emplean sulfitos (secuestra el oxígeno), fosfatos (remueve la dureza remante) y aminas fílmicas para proteger de la corrosión las líneas de vapor y condensados. Los calderos tienen un límite máximo de concentración de STD de 3500 ppm y agua de alimentación que ingresa con 1800 a 2000 ppm. Estas condiciones exigen altos niveles de flujos de purga en los calderos de la Refinería en comparación con otros calderos. Actualmente las purgas retiran entre 5 y 6 % de la energía total aportada por el combustible. Se propone, remplazar el sistema de tratamiento convencional actual por uno de Ósmosis Inversa cuya fuente sería agua de mar. Dicho remplazo, además de reducir significativamente las purgas, permitirá reducir la tasa de deposición de caliche sobre las superficies de intercambio térmico de los calderos otorgándoles mayor eficiencia.	4,5	Alta
7	Mantenimiento de trampas de vapor No existe un programa periódico de mantenimiento preventivo de trampas de vapor; tampoco un inventario de las mismas. Adquirir los instrumentos necesarios para detección temprana de falla en las trampas de vapor y la detección de fugas. Se propone establecer procedimientos y programas de inspecciones periódicas.	4,2	Baja

N°	Oportunidad de mejora	Ahorro %	Inversión
8	Recuperación de calor de gases de combustión de calderos Las temperaturas de chimenea de los calderos están en el orden de 230°C. Al usar el gas natural de Camisea (sin azufre), desaparece la restricción del punto de rocío ácido de los gases y se abre la posibilidad de aprovechar en un rango más amplio el calor residual. Se propone implementar un economizador en el caldero APIN, que pueda llevar los gases hasta una temperatura de 150°C (ΔT = 80°C). Esto permitirá precalentar el agua de alimentación al caldero aprovechando el calor remanente, cuyo efecto inmediato se verá reflejado en una reducción del consumo de combustible.	4	Baja
9	Optimización del desempeño del eyector El eyector cumple con la función generar una presión menor a la atmosférica en el tope de UDV para evitar el craqueo de los hidrocarburos y aligerar la exigencia térmica del horno de vacío. El eyector actual, registra valores del orden de -26 a -27 inch Hg. Se ha observado que es posible generar una mayor presión vacío (-28 a -29 in Hg) de forma estable, por el simple hecho de eliminar la humedad del vapor y de este modo, asegurar que llegue seco al eyector. Se propone instalar colectores de gotas, con puntos de drenaje y trampas de vapor; así mismo, revisar el estado del aislamiento térmico de toda la línea de vapor. Además, podrá evaluarse la conveniencia de volver a poner en servicio el nuevo sistema de eyectores multietapas (Ver Oportunidad N° 6) o anexar una bomba de vacío al eyector actual para mejorar su desempeño. Una mejora de este tipo, incrementará favorablemente los rendimientos en vacío, reducirá las posibilidades de craqueo de hidrocarburos pesados especialmente cuando se produzcan asfaltos y reducirá las necesidades de calor en el horno H-2.	2,6	Baja
10	Balance de carga térmica en los hornos Las bajas cargas programadas, la mayor eficiencia de extracción de la nueva de columna de destilación primaria (con bajos flujos de crudo reducido) y la superioridad en eficiencia y capacidad del horno de vacío frente al de primaria, crean la necesidad de operar en alta carga al horno de primaria (con 3 o 4 quemadores) y baja carga el horno de vacío (con 2 quemadores) dentro de la configuración actual. Esto crea un desbalance donde la mayor exigencia térmica se encarga al horno menos eficiente y viceversa. Se propone evaluar la posibilidad de configurar el sistema de precalentamiento alineado el crudo en paralelo hacia las zonas convectivas de ambos hornos y luego la zona radiante del horno de primaria antes de ingresar a la UDP. De otro lado, el crudo reducido pasaría únicamente por la zona radiante del horno de vacío. La posibilidad de conseguir este arreglo (usado durante varios años antes del 2010), permitirá elevar la eficiencia promedio de hornos. Esta modificación debe incluir los elementos de seguridad necesarios y una visualización en el DCS y en tiempo real de las velocidades másicas.	2,5	Baja

N°	Oportunidad de mejora	Ahorro %	Inversión
11	Recuperación de vapores de baja presión Existen tres fugas ("plumas") continuas de vapor de baja presión que son lanzados a la atmósfera. La principal de ellas proveniente del blowdown de purga continua del caldero y las otras dos corresponden a vapor exhausto del Desaereador D-105. Se propone la implementación de un recuperador de calor para precalentamiento del agua de alimentación en los calderos. Evaluar la conveniencia de utilizar el intercambiador E-25 disponible en el área y revisar el diseño del Desaereador.	1,5	Baja
12	Reducción de purgas en los calderos Las purgas en los calderos se realizan de 02 formas: purgas superficiales y purgas de fondos. La primera, se efectúa de manera continua y la segunda de forma puntual, según lo que indican los análisis de aguas en laboratorio. De este modo, hay momentos donde la concentración de los STD es superior al límite (3500 ppm) y otros (después de las purgas) donde es menor, creando ciclos donde se realizan purgas superiores a las necesarias y de otro lado, concentran más sólidos que los permitidos tratando de alcanzar un promedio. Se propone, implementar sistemas automáticos de purgas en los calderos.	1	Baja
13	Mejora en la combustión de gases no condensables Existe arrastre de líquidos condensados en el sistema de pre-combustión de los gases no condensables de la unidad de destilación primaria que son conducidos a la zona radiante del Horno H-1. El calor latente de los líquidos que ingresan, sustraen calor a la llama de los quemadores principales, perjudicando la combustión del gas natural. Se propone, la inclusión de separadores de líquidos antes y después del D-138, ampliar el separador de nieblas al interior del separador D-138 y habilitar un sistema de venas de calentamiento, previo a su ingreso a la zona radiante del horno H-1.	0,5	Baja
14	Eliminación de ductos de calentamiento de planta Existen ductos de calentamiento en servicio continuo, sobre las líneas e intercambiadores de calor de fondos de vacío, las cuales deberían estar operativas únicamente cuando fuera necesario para prevenir o superar alguna obstrucción por enfriamiento del sistema. Se propone la independización de dichos ductos de calentamiento con sus respectivas válvulas de bloqueo. Eliminar las tuberías que ya no son necesarias.	0,4	Sin inversión
15	Regulación del sistema de condensación del tope de UDP El Aero refrigerante E-6 A/B cumple la función de condensar los vapores de gasolina liviana en el tope de la Columna C-1A. Posee un Duty de diseño = 12 x 10^6 Btu/h, que supera en más de un 40 % las necesidades de enfriamiento en el tope de dicha columna, para los actuales niveles de carga y calidad de crudos procesados. Se propone la implementación de un variador de velocidad al motor del ventilador de este aero refrigerante, programado en función de una temperatura objetivo de salida de la gasolina (Superior a su temperatura de rocío).		

N°	Oportunidad de mejora	Ahorro %	Inversión
16	Reemplazo de luminarias por LEDs La iluminación en planta y oficinas está basada en lámparas de sodio y fluorescentes. Se propone programar la sustitución masiva de las lámparas actuales por LEDs.	4	Mediana
17	Desplazamiento de cargas eléctricas El abastecimiento de agua a Servicios Industriales, se efectúa transfiriendo agua de la laguna al tanque 10 con las bombas P-211/P-212 (40 hp). Usualmente dicha operación se realiza en el tercer turno de trabajo, coincidiendo con el horario de Horas Punta (18.00 a 23:00h) donde el costo de la energía activa en la facturación eléctrica es 22 % más alto que el resto del día. Se propone establecer una directiva que desplace dicha operación al primer y segundo turnos de trabajo.	0,2	Sin inversión

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2017

Asimismo, es importante indicar que actualmente existe software de cálculo para la optimización del consumo de energía, identificando potenciales ahorros de energía en equipos y procesos industriales. En la bibliografía de esta guía se encuentran referencias de éstos software.

5.3 Nuevas Tecnologías y su contribución en la Eficiencia Energética

La tendencia de las nuevas tecnologías industriales, es contribuir al uso eficiente de la energía y mejorar la productividad en los procesos. En el campo de la industria de la refinería de petróleo, se pueden mencionar algunas aplicaciones o propuestas de nuevas tecnologías.

- **Sistema más eficiente para separar el agua del petróleo[1]**

El nuevo método eleva los niveles de seguridad en el proceso de separación, además de ser amigable con el ambiente.

El diseñó es un sistema para mejorar los estándares de eficiencia, seguridad y cuidado ambiental dentro de la industria petrolera. El desarrollo se basa en la creación de un compuesto capaz de fijar los hidrocarburos, de tal manera de que sean retirados magnéticamente durante el proceso de separación del agua. Este avance nanotecnológico no sólo permite separar el petróleo de manera más rápida, sino que también brinda la posibilidad de reutilizar el agua, ya sea para devolverla a su destino de procedencia, emplearla en otras actividades o incluso destinarla al consumo humano.

1 Publicación PETROQUIMICA Petróleo, gas, química & energía, Buenos Aires, Argentina, 2017

Figura N° 14.
Sistema de depuración de agua en la refinería

Convencionalmente, la separación hidrocarburífera se lleva a cabo mediante un proceso de decantación a través de estanques que puede demandar un tiempo considerable. La idea es agilizar y hacer mucho más eficiente este método en función del uso de nanopartículas. Así, en lugar de esperar largas horas (o incluso días), la tarea puede resolverse en cuestión de minutos.

Normalmente el agua que se separa del petróleo suele reinyectarse para realizar una recuperación secundaria de los hidrocarburos o para su disposición final. Gracias al nuevo sistema, el recurso hídrico podrá reutilizarse en una amplia gama de aplicaciones.

- **Sistemas combinados de potencia y calor (Cogeneración)[2]**

Solo en una de las refinerías peruanas se aplica la cogeneración, pudiendo también implementarse en las demás, en la actualidad ya no es requisito ser un gran consumidor de energía, para implementar este sistema.

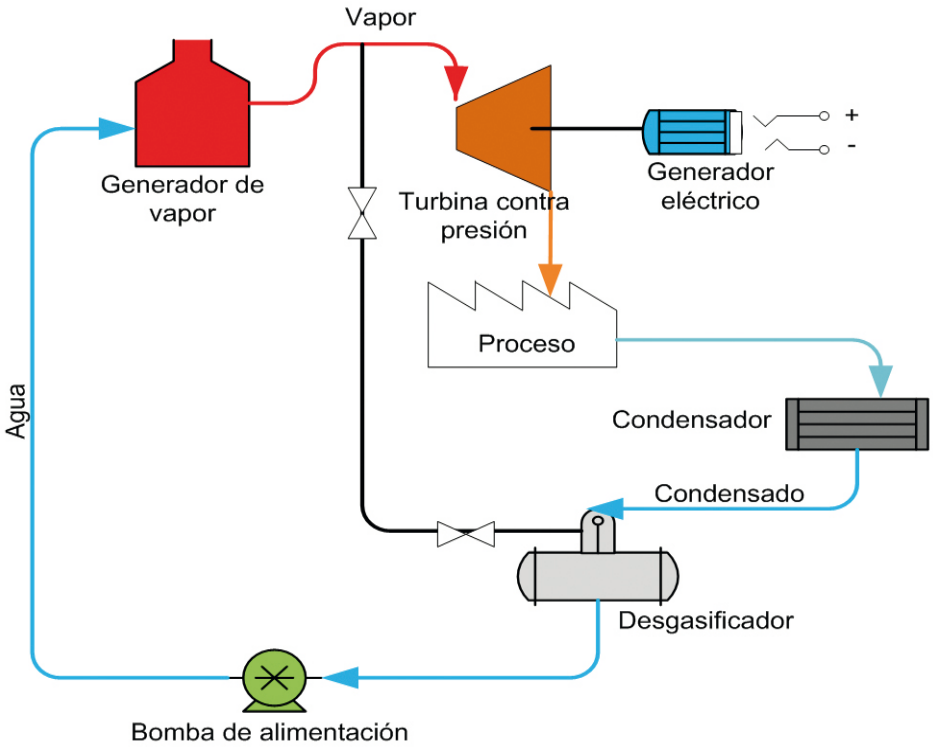
El proceso de cogeneración consiste en la producción simultanea de electricidad y calor de vapor para procesos La producción simultánea de calor y electricidad alcanza mucha mayor eficiencia que la generación por separado, obteniendo un ahorro de combustible del 35 %, con eficiencias totales de hasta el 90 %.

2 Elaboración FONAM 2017, Cogeneración Aspectos Termodinámicos, Tecnológicos y Económicos, Universidad del País Vasco, España

El vapor entra a la turbina en el estado correspondiente a la salida del generador y sale a las condiciones demandadas por el proceso productivo industrial. La máxima potencia que puede obtenerse de una turbina de contrapresión depende de la entalpia del vapor a la entrada y salida de la turbina, o sea el rendimiento termodinámico interno, del caudal másico de vapor y del rendimiento mecánico.

La utilización de una turbina de contrapresión en un sistema de cogeneración, implica que el vapor saldrá de la turbina a la presión y temperatura requerida en el proceso productivo, lo que limita su potencia. Puede originar bajo rendimiento sobre todo en unidades pequeñas. Pero no tiene demasiada importancia porque no es perjudicial al sistema, simplemente implica una mayor cantidad de energía térmica respecto a la eléctrica, o lo que es lo mismo mayor relación calor/electricidad (RCE).

Figura N° 15.
Esquema de cogeneración con turbina de vapor a contrapresión



- **Pre-acoplamiento de una turbina en una Unidad de destilación.**[3]

Las turbinas de gas pueden ser pre-acopladas a una unidad de destilación de crudo u otros procesos que operan continuamente con un rango de temperatura aplicable.

3 Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Petroleum Refineries, EPA, 2015

Los gases de escape de una turbina se pueden utilizar para suministrar el calor para el horno de destilación, siempre que la temperatura de salida de gases de combustión de la turbina sea lo suficientemente alta. Un método es la llamada opción de "repowering", bajo la cual el horno no se modifica, pero los ventiladores de aire de combustión del quemador del horno, son reemplazados por el escape de una turbina de gas.

Los gases de escape de la turbina de gas contienen todavía una cantidad considerable de oxıgeno y, por lo tanto, pueden utilizarse como aire de combustión para los hornos. La turbina de gas puede suministrar hasta el 20 % del calor del horno. Dos de estas instalaciones fueron implementadas en las refinerías de los Países Bajos, con una capacidad total de 35 MW.

- **Implementar turbinas de expansión para gas de alta presión**[4]

El gas natural es a menudo entregado a una refinería a muy altas presiones, que van desde 200 a 1 500 PSI. Las turbinas de expansión utilizan la caída de presión de la descompresión del gas natural para generar energía o para usarla en un calentador de proceso. Una turbina de expansión incluye tanto un mecanismo de expansión como un generador. En una turbina de expansión, el gas de alta presión se expande para producir trabajo. La energía se extrae del gas presurizado, que baja la presión del gas y la temperatura. Estas turbinas se han utilizado para la licuefacción del aire en la industria química por varias décadas. La aplicación de turbinas de expansión como dispositivos de recuperación de energía comenzó a principios de los años ochenta (SDI, 1982). La tecnología ha mejorado mucho desde los años 80 y es altamente confiable hoy.

Una turbina de expansión simple consiste en un impulsor (rueda de expansión) y el conjunto de eje y rotor unido a un generador eléctrico. Las turbinas de expansión generalmente se instalan en paralelo con los reguladores que tradicionalmente reducen la presión en las líneas de gas natural. Si el flujo es demasiado bajo para una generación eficiente, o si la turbina de expansión falla, queda la opción de reducir la presión de la manera tradicional. La caída de presión en el ciclo de expansión hace que disminuya la temperatura.

Figura N° 16.

4 Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Petroleum Refineries, EPA, 2015

Aunque las turbinas pueden ser construidas para soportar temperaturas frías, la mayoría de las especificaciones de válvulas y tuberías no permiten temperaturas inferiores a -15ºC. Además, el gas puede humedecerse a bajas temperaturas, ya que los hidrocarburos pesados del gas se condensan. Esto requiere calefacción del gas justo antes o justo después de la expansión. El calentamiento se realiza generalmente con una unidad combinada de calor y energía (CHP) o una fuente cercana de calor residual. Las refinerías de petróleo a menudo tienen exceso de calor residual de baja temperatura, haciendo de una refinería un lugar ideal para una turbina de recuperación de energía.

- **Implementación de un skid de recuperación de energía de purgas[5]**

Las calderas de vapor necesitan realizar purgas para controlar el nivel de los sólidos disueltos totales (SDT) en el agua al interior de la caldera, para esto se instala un sistema de control de SDT, mediante el cual se abre una válvula de forma automática permitiendo purgar el agua de la caldera cuando el nivel de SDT sobrepase el límite fijado. El calor del agua que se descarga a través de este sistema puede ser recuperado a través de un skid de recuperación de energía de purgas.

– **Funcionamiento**

El vapor flash o revaporizado es liberado del agua caliente de purga cuando la presión cae después de la válvula de control de purga de los STD; este efecto se produce dentro del tanque de revaporizado o tanque flash. El revaporizado a baja presión se introduce en el tanque de almacenamiento de agua de alimentación a través de un inyector de vapor. Una trampa tipo flotador, montada en la salida inferior del tanque de revaporizado, descarga el agua residual de purga. Desde la descarga de la trampa, el agua residual de purga que aún está caliente pasa por un intercambiador de calor de coraza y tubos, donde transmite su calor al agua fría de reposición. Luego el agua de purga ya enfriada puede descargarse al desagüe.

- **Instalación de los eliminadores de aire:[6]**

Los eliminadores de aire son dispositivos similares a una válvula automática la cual poseen una capsula termostática que cierra en presencia de vapor. A diferencia de las trampas termostáticas estas capsulas tienen una mezcla de agua destilada con alcohol, la cual le permite a la mezcla tener un punto de ebullición cercano al del agua (2 o 3 ºC menos), con ello aseguramos que cuando entre en contacto con el vapor cierre por completo. Existen fabricantes que no disponen de estos dispositivos e instalan trampas termostáticas (diferencial de 5 ºC a más), que en presencia de vapor cierran antes sin conseguir el mismo efecto que los eliminadores de aire (al no lograr evacuar el mismo volumen de incondensables, son menos eficientes afectando el coeficiente de transferencia de calor en equipos que emplean vapor como medio de calentamiento y no reducen el nivel de acidez en la misma medida).

5 Boletín Técnico La Llave N°69, 2016
6 Boletín Técnico La Llave N°79, 2016

Instalación de los eliminadores de aire: los lugares más adecuados para instalar eliminadores de aire son:

- ✓ En el distribuidor o manifold de distribución de vapor.
- ✓ En los puntos elevados de las líneas de distribución de vapor y finales de línea.
- ✓ En las acometidas o líneas de ingreso de vapor a equipos consumidores (lo más cercano al equipo).

– Beneficios del empleo de los eliminadores de aire:

El empleo de eliminadores de aire trae varios beneficios porque se reduce el empleo de químicos (secuestrante de oxígeno), además se elimina el CO2 generado en la caldera como el aire que ingresa a la red de vapor durante una parada de la planta, es decir, se reduce el nivel de acidez del condensado, además, con la eliminación de cualquier gas diferente al vapor del sistema de distribución generamos un aumento en los coeficientes de transferencia de calor, mejorando la eficiencia térmica de los procesos.

6

IMPORTANCIA DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA

6 IMPORTANCIA DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA

6.1 Formación de un Comité de Gestión de la Energía (CGE)

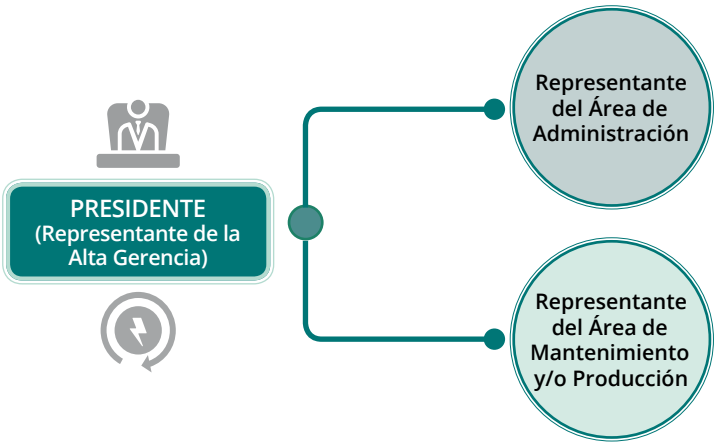
La formación de un comité de gestión de la energía es de vital importancia porque contribuirá en la implementación de mejoras energéticas de forma ordena y sostenible en el tiempo. El comité de gestión de la energía apoyará la implementación de las mejoras energéticas que contribuyan al uso eficiente de la energía. El tamaño del comité depende de la complejidad de la organización.

La creación de un comité interdisciplinario con un representante de cada área, resulta un mecanismo eficaz para comprometer a las diferentes áreas de la empresa en la planificación e implementación de las mejoras energéticas.

Es recomendable que los integrantes del comité cuenten con el perfil apropiado, con condiciones de liderazgo, con conocimientos específicos de energía y de los equipos y procesos de la empresa. El comité deberá ser presidido por un miembro representante de la alta gerencia y con poder de decisión en la empresa.

En la Figura N° 17, se muestra a modo de ilustración el organigrama de un comité de uso eficiente en una refinería, en el cual destaca la participación del representante de la alta gerencia (presidente del comité).

Figura N° 17.
Organigrama de un Comité de Gestión de la Energía



Fuente: Elaboración FONAM

- **Responsabilidades y Funciones del Comité:**

  - ✓ Analizar los consumos de energía en las distintas áreas.
  - ✓ Identificar oportunidades para el ahorro de energía.
  - ✓ Seleccionar los proyectos de energía a ser implementados en función a las mejoras energéticas prioritarias.
  - ✓ Garantizar el seguimiento de las actividades de implementación de mejoras energéticas, identificando responsables y fechas de cumplimiento.
  - ✓ Se deberán sostener reuniones periódicas que promuevan la participación de todo el personal de la empresa, y de este modo motivarlos a que propongan ideas orientadas al uso eficiente de la energía.

Las ideas propuestas por el personal deberán ser analizadas y evaluadas por los representantes de las diferentes áreas a fin de presentarlas en forma concisa al presidente del comité para su respectiva evaluación y decisión. Los jefes de cada área, directivos y la alta gerencia deben comprometerse totalmente en contribuir al éxito del CGE, motivando a que los empleados entreguen sus mejores esfuerzos.

En el caso, que la empresa sea una pequeña o micro empresa, mínimamente se deberá contar con un gestor energético, que será el personal a cargo de la supervisión e implementación de mejoras energéticas contempladas en los proyectos de ahorro de energía, y deberá cumplir con las funciones y responsabilidades del comité.

6.2 Sistema de Gestión de la Energía (SGE) y la importancia de contar con la Certificación ISO 50001

6.2.1 Sistema de Gestión de la Energía (SGE)

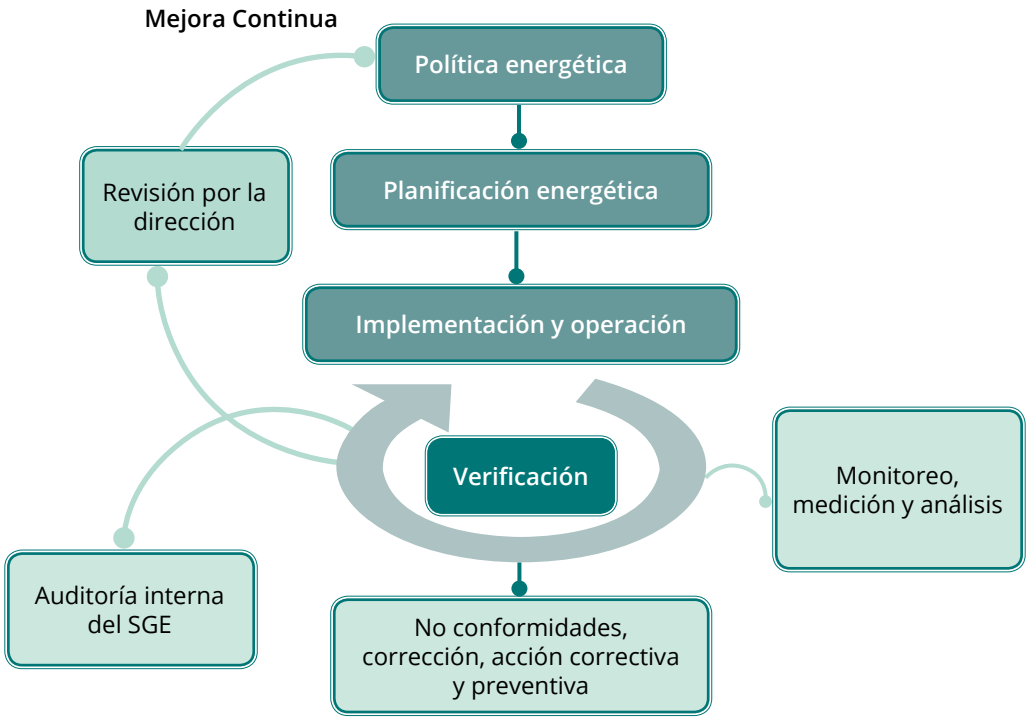
El SGE de acuerdo a su definición según la norma internacional ISO 5001, es ***"El Conjunto de elementos interrelacionados mutuamente o que interactúan para establecer una política y objetivos energéticos, y los procesos y procedimientos necesarios para alcanzar dichos objetivos"***

De lo anterior se puede afirmar que un SGE sirve para gestionar la energía de forma sistemática y eficiente, garantizando una mejora continua.

Es una herramienta de gestión voluntaria, en la cual una organización introduce, de forma sistemática, la variable "energía" en todas las actividades y operaciones de su proceso productivo, con el objetivo de mejorar continuamente su desempeño energético.

Igual que en los demás sistemas, la norma se basa en el ciclo de mejora continua **"Planificar-Hacer-Verificar-Actuar" (PHVA)** e incorpora la gestión de la energía a las prácticas habituales de la organización tal como se ilustra en la Figura N° 18.

Figura N° 18.
Modelo de Gestión de la Energía ISO 50001



Elaboración FONAM, Fuente: Norma Internacional ISO 50001:2011

A continuación, se presentan los aspectos generales de las Fases a implementar en un SGE enmarcado al ciclo de mejoramiento continuo PHVA:

FASE I: Planificar - ¿Qué hacer? ¿Cómo hacerlo?

Se basa en entender el comportamiento energético de la organización para establecer controles y objetivos que permitan mejorar el desempeño energético. En esta Fase se debe considerar realizar lo siguiente:

a) La Política Energética

La empresa u organización deberá contar con una sólida política energética que servirá de apoyo hacia la implementación de un SGE. El comité de gestión de la energía tendrá a cargo la elaboración de la política energética y deberá ser aprobada por la alta gerencia, mediante un documento firmado que incluya las principales líneas de actuación en materia de gestión de la energía.

La política energética deberá ser una declaración breve y concisa para el fácil entendimiento de los miembros de la organización y pueda ser aplicada en sus actividades laborales, tiene que ser apropiada a la naturaleza y a la magnitud del uso y consumo de la energía de la empresa, incluyendo un compromiso de mejora continua en el desempeño energético.

La política energética es un documento imprescindible a la hora de implementar un SGE, ya que se trata del impulsor de la implementación y la mejora del mismo, así como del desempeño energético de la organización.

La Política Energética deberá desarrollarse conjuntamente a las metas estratégicas de la organización y de acuerdo con otras políticas (calidad, ambiente, etc.).

b) Auditoría energética (Diagnóstico Energético)

La auditoría energética o llamada también Diagnóstico Energético, desarrollado en el ítem 4.2., realiza un balance total de la energía ingresada, analiza e identifica los usos y consumos significativos de la energía y propone oportunidades de mejora de ahorro energético y la administración óptima de la energía.

Determina la situación actual "línea de base energética" en función a indicadores de desempeño energético (IDEs), para el planteamiento de objetivos, metas y planes de acción.

c) Objetivos, Metas y Planes de Acción

La organización deberá establecer objetivos, metas y planes de acción, en función a los resultados del diagnóstico energético, con la finalidad de mejorar su desempeño energético. Los objetivos y metas deberán ser documentados y, contar con el detalle necesario para asegurar que sean cumplidos en tiempos definidos.

Asimismo, los objetivos y metas planteados por la organización deberán ser coherentes y consistentes con lo planteado en la política energética.

La organización deberá implementar planes de acción que permitan dar seguimiento y monitoreo a los objetivos y metas.

En los planes de acción se deberá considerar la identificación del personal y sus responsabilidades indicando sus tareas específicas y el área a la cual pertenece, los plazos previstos para el logro de metas y el método de verificación de resultados.

FASE II: Hacer – Hacer lo planificado

Se basa en implementar proyectos de energía en función a los objetivos y metas planteadas en los planes de acción, con el fin de controlar y mejorar el desempeño energético.

a) Controles Operacionales:

La organización deberá definir criterios bajo los cuales operará en el marco del SGE, buscando siempre el mejoramiento continuo del desempeño energético.

Se deberá identificar aquellas operaciones relacionadas con el uso significativo de la energía y para cada una de ellas se desarrollará instructivos de trabajo en los que se especifiquen principalmente los criterios de operación (modos y horarios de funcionamiento de los principales equipos consumidores de energía), criterios de mantenimiento (periodicidad con la que se realizaran las tareas de mantenimiento de los principales equipos consumidores de energía) y parámetros de control.

b) Sensibilización y capacitación

Todos los miembros de la organización deben ser conscientes de la importancia de reducir los derroches de energía, y conseguir ahorros de energía, beneficios

económicos, y por ende también beneficios ambientales.

Se deberá considerar capacitar y sensibilizar a los miembros del comité del sistema de gestión de la energía, directivos de cada área y otros que estén involucrados, sobre la aplicación y la importancia de las prácticas de ahorro de energía en el desarrollo de los trabajos que vienen realizando.

d) Implementación de proyectos sobre mejoras energéticas

Los proyectos de energía a ser implementados deben ser coherentes con la política energética de la organización, en caso de contar con varios proyectos se debe considerar un orden de prioridad principalmente en función a los recursos necesarios para su implementación.

Se podría iniciar con proyectos que rindan ahorros modestos, pero de fácil implementación, sobre todo en aquellos proyectos donde se pueda implementar medidas sencillas, de pérdidas de energía detectada en un diagnóstico energético. Los ahorros logrados motivarán a que el comité de gestión de la energía busque mayores ahorros en otras áreas.

FASE III: Verificar - ¿Las cosas pasaron según lo que se planificaron?

Se basa en realizar el monitoreo de procesos y productos, así como la medición de los mismos, en base a la política energética, objetivos, metas y características de las operaciones, para finalmente reportar los resultados obtenidos.

a) Monitoreo, medición y análisis

Implementar controles y sistemas de reporte que permitan a la organización realizar un seguimiento de su desempeño energético.

Para comprobar que una determinada actividad se está llevando a cabo correctamente es necesario realizar las medidas y el seguimiento oportuno.

Es importante que la organización desarrolle los medios y herramientas necesarias para monitorear, medir y analizar su desempeño energético a través de aquellas operaciones y variables relacionadas con los usos significativos de la energía.

Por ejemplo, se debe monitorear, medir y analizar principalmente los Consumos de combustibles, Eficiencia de quemadores, Horas de operación de los equipos, Mantenimientos, Tasas de consumo de combustibles, Pérdidas de energía y la Efectividad de planes de acción.

Con ello, el comité de gestión de la energía puede recoger mucha información que le ayudará a evaluar el progreso de su programa y planear futuros proyectos. Con los datos registrados se puede determinar si el progreso se está logrando, comparar los resultados de la implementación de una medida de ahorro de energía versus los consumos de la línea base.

Se deberá informar sobre las mejoras implementadas, a través de los informes a las jefaturas correspondientes. Trazar las metas futuras y monitorear el progreso hacia las nuevas metas.

b) Comunique los resultados y Celebre el éxito

Este paso es sumamente importante y necesita ser bien ejecutado de modo que se perciba que todos son parte del esfuerzo. Los informes regulares tomados de los datos monitoreados, motiva al personal, demuestra que están progresando hacia sus objetivos.

Se deberá presentar los resultados de forma gráfica, usando tablas, diagramas de cumplimiento, que sean publicados dónde el personal pueda visualizarlos.

El éxito de la implementación de las oportunidades de mejora en eficiencia energética deberá ser evaluada comparando el consumo de energía de la línea base antes de la implementación versus el consumo de energía (estimado) posterior a la implementación de las mejoras energéticas.

Asimismo, se debe reconocer los logros y la contribución destacada del equipo. La celebración del éxito de una meta se debe celebrar como un hito en el rumbo de la mejora incesante de la eficiencia energética en la planta.

c) Auditoría Interna

El objetivo de implementar procedimientos de auditorías internas, no conformidades, acciones correctivas y acciones preventivas, es establecer los controles sistemáticos que aseguren que los SGE funcionan de acuerdo a lo planeado y definido por las empresas, cumpliendo los requerimientos de la ISO 50001.

La empresa debe definir un procedimiento que asegure la correcta conformación del equipo de auditores internos, y la organización de la auditoría, así como la corrección de no conformidades. En una auditoria interna, si en la organización se han implementado otros sistemas de gestión basados en normas ISO, los procedimientos ya existentes deberían cumplir con la totalidad de los requerimientos del estándar ISO 50001.

d) No conformidades, corrección, acción correctiva y acción preventiva

Las desviaciones del comportamiento previsto por la propia organización deben ser identificadas y tratadas, éstas se pueden detectar a través de:

- Evidencias relacionadas con el desempeño energético de la organización.
- En procesos rutinarios de evaluación del SGE como, por ejemplo, la revisión por la gerencia.
- Detección de problemas reales o potenciales por parte del personal.

Las desviaciones identificadas deberán ser transmitidas a quien corresponda en cada caso, quien decidirá si se trata de una no conformidad y cuáles serán las medidas aplicables, considerando que una No conformidad es el incumplimiento de un requisito.

Una vez identificado el hallazgo se deberán tomar las medidas pertinentes para corregirlas, iniciándose el programa de acciones correctivas y preventivas.

Para ello, se deberá realizar un análisis de sus causas. En función de la naturaleza del hallazgo detectado, deberán tomarse unas medidas, acciones correctivas para eliminar la causa de una no conformidad detectada, acciones preventivas para eliminar la causa de una no conformidad potencial.

FASE IV: Actuar - ¿Cómo mejorar la próxima vez?

Se basa en la toma de acciones para mejorar continuamente el desempeño energético en base a los resultados.

a) Revisión por la Alta Dirección

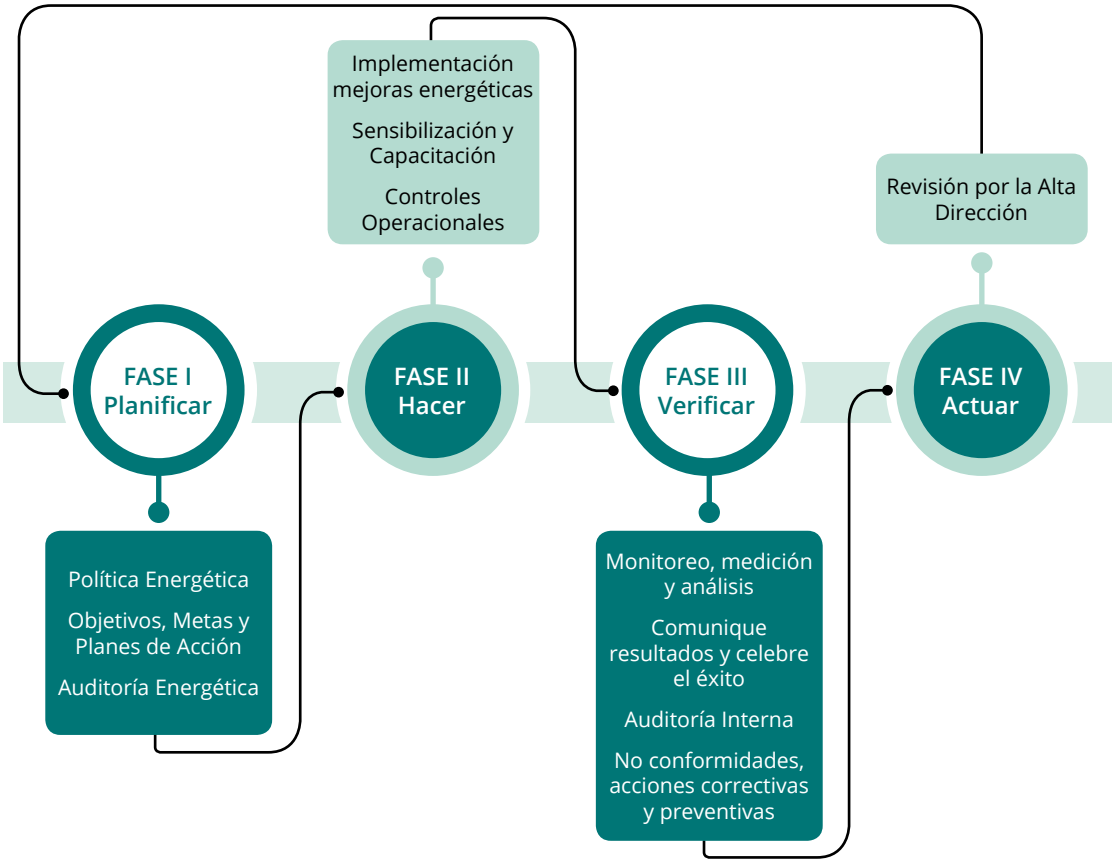
La alta gerencia debe realizar una revisión periódica de la política de energía, objetivos, metas y planes de acción, con el fin de asegurar que el SGE es adecuado a la organización y efectivo en su ejecución.

Se sugiere que la alta gerencia realice la revisión al menos una vez al año, de manera que pueda contar con resultados del desempeño energético, objetivos, metas y auditorías.

Se deberá definir un tipo de registro o reporte de las conclusiones que tome la alta gerencia frente a su revisión.

La revisión por la dirección consiste en analizar los resultados del sistema de gestión y en la toma de decisiones para actuar y promover la mejora continua.

Figura N° 19.
Aspectos Generales del ciclo de Deming aplicado al SGE



Elaboración FONAM, Fuente: Guía Chilena ISO 50001

6.2.2 Importancia de contar con la Certificación ISO 50001

La norma ISO 50001 busca apoyar a las organizaciones en estructurar e implementar un sistema integral de gestión energética de forma sistemática, integral, sustentable y orientada a objetivos, mejorando continuamente el rendimiento energético mediante un monitoreo continuo de los flujos de energía. Esta norma además de contribuir con el cumplimiento de requisitos legales, genera reducción de los costos de energía y por ende obtención de ahorros económicos, asimismo contribuye con la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

De otro lado brinda ventajas competitivas a las empresas por contar con procesos eficaces, personal concientizado en el uso eficiente de la energía e imagen empresarial, mostrándose como una empresa comprometida con el ambiente que desarrolla sus procesos productivos con responsabilidad energética-ambiental. Cabe resaltar que aquellas empresas que cuenten con una auditoría energética (diagnóstico energético) desarrollado en sus instalaciones, tienen una primera herramienta que les servirá para poder implementar el sistema de gestión de la energía en la empresa y aplicar a la certificación de la ISO 50001.

A. Ventajas de contar con un SGE:

- Facilita la adopción de un enfoque sistemático para la mejora continua de la eficiencia energética.
- Facilita el cumplimiento de la legislación vigente.
- Reducción de costos de la energía y por ende mejora de la competitividad de la empresa.
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en beneficio de la lucha contra el cambio climático.
- Es compatible con otros sistemas de gestión: calidad ISO 9001, ambiental ISO14001, de la seguridad y salud en el trabajo OHSAS 18001. La estructura común facilita su uso y la integración del SGE en los demás sistemas de gestión.
- Mejora la credibilidad e imagen de la empresa en medios.
- Reduce la amenaza de los competidores sobre la “imagen”

6.3 El etiquetado como garantía de compra eficiente

6.3.1 Etiquetado de Eficiencia energética

El Ministerio de Energía y Minas a través del Decreto Supremo N°009-2017-EM aprobó el Reglamento Técnico sobre el Etiquetado de Eficiencia Energética para equipos energéticos, que tiene como objetivo establecer la obligación del Etiquetado de Eficiencia Energética de los Equipos Energéticos, así como los requisitos técnicos y rangos de eficiencia energética para la clasificación de los mismos, a fin de proteger al consumidor y al medio ambiente.

El Etiquetado de Eficiencia Energética (EEE) es una herramienta informativa que permite conocer el consumo de energía y el rango de eficiencia energética de los equipos energéticos,

la cual debe estar contenida en una etiqueta, la misma que debe ser ubicada sobre el envase, empaque, publicidad o cuerpo de los equipos energéticos en un lugar visible para el consumidor. Puede estar impresa o adherida al artefacto y no debe ser removida del producto hasta después de que éste haya sido adquirido por el consumidor.

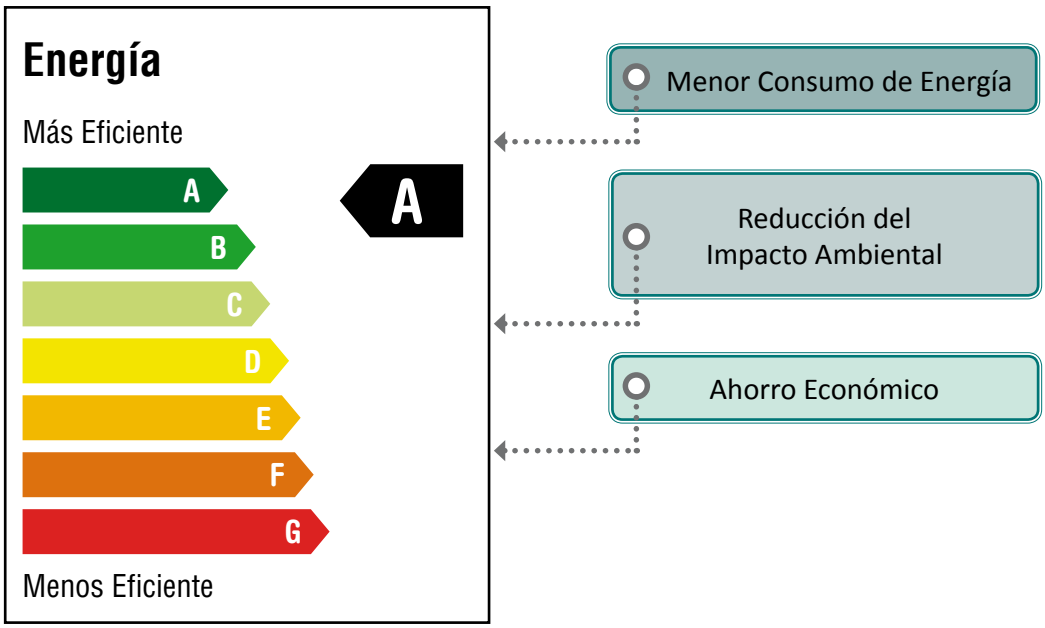
El consumidor será uno de los actores más beneficiados, cuando realice la compra de un equipo o artefacto que cuente con el etiquetado de eficiencia energética, su compra se verá garantizada por la eficiencia registrada en el etiquetado y tendrá opción de elegir los artefactos más eficientes.

Con la vigencia de la norma de etiquetado de eficiencia energética, los equipos y artefactos que estarán obligados a llevar una etiqueta que precise su eficiencia energética son: lámparas de uso doméstico y usos similares para iluminación general, balastos para lámparas fluorescentes de uso doméstico y similares para iluminación general, aparatos de refrigeración de uso doméstico, calderas, motores eléctricos trifásicos asíncronos o de inducción con rotor de jaula de ardilla, lavadoras de uso doméstico, secadoras de tambor de uso doméstico, aparatos de aire acondicionado y calentadores de agua de uso doméstico.

El etiquetado se basa en una escala de clasificación por letras y colores, que va desde la A y el color verde, para los equipos más eficientes, a la G y el color rojo, para los equipos menos eficientes.

A pesar que los aparatos más eficientes son los más caros en el momento de la compra, sus costos se amortizan generalmente antes de la finalización de su vida útil por lo que el ahorro es mucho mayor.

Figura N° 20.
Etiqueta de Eficiencia Energética y sus beneficios



Elaboración FONAM, Fuente: MINEM

6.3.2 Fichas de Homologación

El Ministerio de Energía y Minas mediante el **Decreto Supremo N°004-2016-EM**, aprobó **medidas para el uso de eficiente de la energía**, referidos al reemplazo de equipos energéticos en el sector público, donde establece que las entidades y/o empresas, que requieran adquirir o reemplazar equipos energéticos, deben ser reemplazados o sustituidos por la tecnología más eficiente que exista en el mercado al momento de su compra, previo procedimiento de homologación previsto en la ley N° 30225, Ley de Contrataciones del Estado.

Los equipos energéticos aplicables a esta medida son: lámparas, balastos para lámparas fluorescentes, aparatos de refrigeración, calderas, motores eléctricos, lavadoras, secadoras de tambor de uso doméstico, aparatos de aire acondicionado y calentadores de agua. La implementación se deberá financiar con cargo al presupuesto institucional de las entidades del sector público.

Es importante mencionar que el Decreto Supremo N°004-2016-EM es de ***carácter obligatorio para el Sector Público, y facultativo para el sector privado*** por lo que las personas jurídicas con derecho privado también pueden acogerse a lo dispuesto en el mencionado decreto supremo.

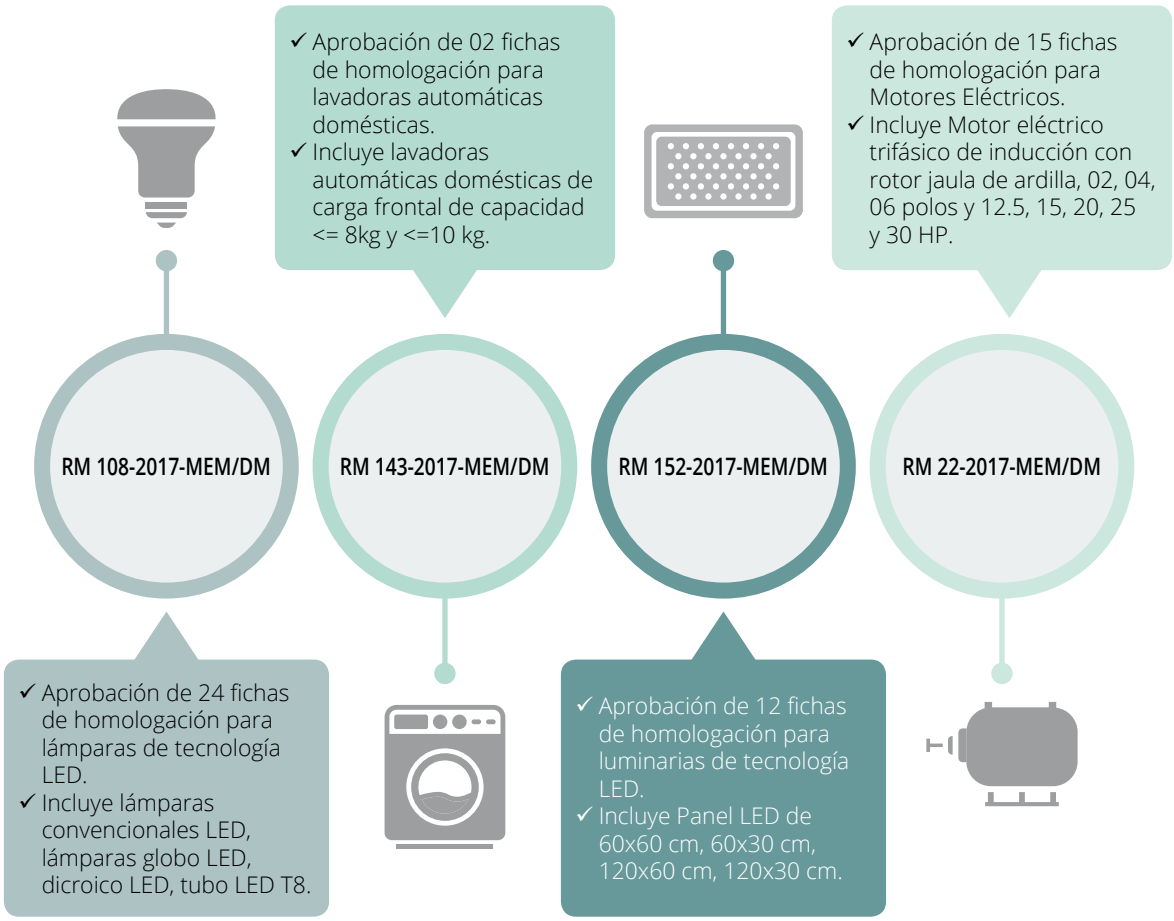
A fin de orientar a las entidades, en la adquisición de los mencionados equipos energéticos, el Ministerio de Energía y Minas cuenta con Fichas de Homologación donde se ha establecido los lineamientos y/o especificaciones técnicas de las tecnologías más eficientes de equipos energéticos.

Es por ello que hasta la fecha se han elaborado y pre publicado 87 fichas de homologación de diferentes productos, en su gran mayoría productos de iluminación, y también productos tales como: aire acondicionado, calderas, calentadores de agua, equipos de refrigeración, motores eléctricos asíncronos o de inducción, lavadoras y secadoras. De las cuales, a través de resoluciones ministeriales se han aprobado 53 fichas de homologación relacionadas a equipos de iluminación, lavadoras y motores eléctricos.

Cabe mencionar que éstos esfuerzos realizados por el Ministerio de Energía y Minas, lo ha convertido en la primera Entidad del Poder Ejecutivo en formular y aprobar Fichas de Homologación, que también tienen un rol importante como garantía de compra eficiente.

A continuación, se muestra una figura descriptiva de las Fichas de Homologación aprobadas hasta la fecha:

Figura N° 21.
Fichas de Homologación



Asimismo para un proceso de compra eficiente se debe tener en cuenta los procesos de homologación, los bienes y servicios homologables así como los beneficios de la homologación indicados en la Web de Perú Compras[7].

Respecto a las Fichas de Homologación Pre publicadas, éstas se muestran en la Web del Ministerio de Energía y Minas[8], las mismas que se indican en la siguiente tabla:

7 http://www.perucompras.gob.pe/servicios/homologacion.html
8 http://www.minem.gob.pe/_prepublicaSector.php?idSector=12

Tabla N° 17.

CÓDIGO	TÍTULO	PRE PUBLICACIÓN
221	PRE PUBLICACIÓN DE PROYECTOS DE FICHAS DE HOMOLOGACIÓN DE REFRIGERADORAS Y CONGELADORAS (10 PFH)	19-10-2017
215	PRE PUBLICACIÓN DE PROYECTOS DE FICHAS DE HOMOLOGACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO DE PRODUCTOS ENERGÉTICOS EFICIENTES (4 PFH)	12-09-2017
201	PRE PUBLICACIÓN DE PROYECTOS DE FICHAS DE HOMOLOGACIÓN DE PRODUCTOS ENERGÉTICOS EFICIENTES (5 PFH)	11-05-2017
198	PRE PUBLICACIÓN DE PROYECTOS DE FICHAS DE HOMOLOGACIÓN DE PRODUCTOS ENERGÉTICOS EFICIENTES (6 PFH)	16-03-2017
195	PRE PUBLICACIÓN DE PROYECTOS DE FICHAS DE HOMOLOGACIÓN DE PRODUCTOS ENERGÉTICOS EFICIENTES (12 PFH)	19-12-2016
194	PRE PUBLICACIÓN DE PROYECTOS DE FICHAS DE HOMOLOGACIÓN DE PRODUCTOS ENERGÉTICOS EFICIENTES (50 PFH)	07-12-2016

Posterior a la Pre publicación, la aprobación de las Fichas de Homologación se dan a través de Resoluciones Ministeriales[9] emitidas por el Ministerio de Energía y Minas. En la siguiente tabla se muestran las Resoluciones Ministeriales emitidas hasta la fecha:

Tabla N° 18.

CATEGORÍA/TITULO	DESCRIPCIÓN	TEMA	MES - AÑO
RESOLUCIONES MINISTERIALES / Resolución Ministerial 223-2017-MEM/DM – 15 fichas de homologación de motores eléctricos y anexos	Aprueban 223-2017-MEM/DM – 15 fichas de homologación de motores eléctricos y anexos anexo	Eficiencia Energética	Junio - 2017
RESOLUCIONES MINISTERIALES / RM 152-2017-MEM-DM Doce fichas homologación luminarias tecnología LED	Aprueban doce fichas de homologación para luminarias de tecnología LED	Eficiencia Energética	Abril - 2017
RESOLUCIONES MINISTERIALES / RM 143-2017-MEM-DM Dos fichas homologación lavadoras automáticas	Aprueban fichas de homologación para lavadoras automáticas domésticas	Eficiencia Energética	Abril - 2017
RESOLUCIONES MINISTERIALES / R.M. N° 108-2017-MEM/DM	Aprobar veinticuatro (24) fichas de homologación para lámparas de tecnología LED	Eficiencia Energética	Marzo - 2017

Finalmente el listado de las Fichas de Homologación aprobadas[10] se muestra en la Web de Perú Compras, donde se detalla la denominación del bien o servicio, la denominación técnica, la resolución aprobatoria, la fecha de publicación y el inicio de vigencia.

9 http://www.minem.gob.pe/_legislacionSectorMphp?idSector=12&idSec=undefined&idTema=2&txtString=Fichas&txtString=Fichas

10 http://www.perucompras.gob.pe/servicios/homologacion/relacion-de-fichas-de-homologacion-aprobadas(1044).html

7

CASOS EXITOSOS

7 CASOS EXITOSOS

7.1 Caso 1: Abu Dhabi National Oil Company implementa el ISO 50001

La Compañía Nacional de Petróleo de Abu Dhabi (ADNOC) de Emiratos Arabes Unidos, es una empresa estatal de petróleo y gas, fundada en 1971 para administrar, producir y preservar los recursos de hidrocarburos de Abu Dhabi.

ADNOC opera en toda la cadena de valor de los hidrocarburos a través de una red de negocios que van desde la exploración, producción, almacenamiento, refinación y distribución hasta el desarrollo de una amplia gama de productos petroquímicos. ADNOC produce el 12% del petróleo y el gas del mundo y se clasifica como el 12 avo productor de petróleo más grande del mundo.

Figura N° 22.
Refinería Abu Dhabi National Oil Company

ADNOC ha participado activamente en proyectos de ahorro de energía desde principios de los años noventa. La recuperación de los vapores y la reducción de la quema de combustible están entre muchas iniciativas para proteger el medio ambiente durante las últimas tres décadas, lo que también ha llevado a ahorros de energía significativos. Sin embargo, la implementación del ISO 50001 aseguró que la eficiencia energética se integre en la estructura operativa, desde la producción eficiente de recursos hasta el transporte y uso de nuestros productos.

En el 2010, ADNOC completó su primer estudio piloto de energía y Estudio Estratégico de Gestión de Energía. A raíz de ello, se formó un Comité Directivo de Gestión de la Energía Corporativa, formado por altos directivos de todas las empresas del grupo. Desde entonces, el Comité Directivo ha estado dirigiendo y supervisando la implementación de las iniciativas de energía. En 2013, el ADNOC emitió un código de prácticas para establecer un sistema integrado de gestión de la energía en sus empresas del grupo y ordenó que los sistemas energéticos deben estar certificados por ISO 50001. El ADNOC termino de implementar todas sus medidas de eficiencia energética y en enero de 2016 fue certificado con el ISO 50001.

Las directrices para implementar el sistema fueron:

- Definir los límites de energía y el período.
- Determinar los indicadores de rendimiento energético apropiados y establecer una línea de base.
- Determinar y reunir los datos necesarios para el análisis y la normalización del rendimiento energético.
- Normalizar los datos de energía, considerando las variaciones en las variables relevantes y los factores estáticos.
- Analizar los datos de energía para determinar el consumo de energía, el consumo y las mejoras de rendimiento.
- Registre y reporte el rendimiento energético y las mejoras a través del Sistema de Gestión de la Información

Claves para la implementación exitosa de mejoras

- Compromiso de liderazgo visible con ISO 50001.
- Definición clara de roles y responsabilidades.
- Uso de las estructuras de grupo y equipo existentes.
- Máxima implicación de los empleados en todos los niveles.
- Hacer del rendimiento energético un indicador clave de desempeño importante.
- Sistemas de medición y monitorización fiables.
- Sistemas de medición y monitorización fiables.
- Recompensas y reconocimiento de los logros energéticos.

Tabla N° 14.
Ahorros logrados por la implementación de mejoras energéticas

Sistema	Situación Original	Propuesta	Beneficios			
			Ahorro energía (mGJ)	Ahorro económico (mUS$/año)	Inversión (mUS$)	Retorno Inversión (mes)
Empresa estatal Refinería ADNOC	El 2013 ADNOC empieza a implementar la gestión energética en sus instalaciones	Lograr la certificación del ISO 50001 para ADNOC	60 000	150 000	55 000	5

m = miles
Elaboración FONAM, Fuente: CLEAN ENERGY MINISTERIAL, 2016
http://www.cleanenergyministerial.org/energymanagement.

7.2 Caso 2: Importantes ahorros en una refinería de Asia

Los directivos de una nueva refinería con tecnología de alta conversión, localizado en Asia, se encontraban bastante preocupados al comprobar que su nueva refinería estaba consumiendo más energía de lo que el diseño especificaba. Resultando bastante

oneroso, porque debido a su ubicación, no podían acceder al gas natural, por lo tanto, dependían de los costosos de combustibles líquidos.

La refinería procesa 200 000 barriles diarios de crudo pesado para que coincida con la configuración de su coquización. También combina un hydrocracker suave con la conversión profunda del catalizador del líquido que maximiza la producción del propileno. La refinería tiene su propia central eléctrica cautiva, que produce más de 100 MW y 600 t/h de vapor.

El mayor problema ocurrió en las turbinas de vapor de condensación, cuya eficiencia global era de sólo el 25%. Esto significa que se necesitan 160 MW de combustible para entregar los 40 MW de potencia a las unidades de procesamiento, perdiendo 120 MW al medio refrigerante.

En segundo problema fue que, en el área de procesos de separación de hidrocarburos, se utilizaba vapor de presión media en lugar del vapor de presión baja; esto obligaba a generar más potencia a la turbina de contrapresión que suministra el vapor. Como consecuencia, la turbina que suministra vapor a media presión resulta menos eficiente en energía, que la turbina que suministra vapor a baja presión.

✓ Mejora

La reducción de la presión en 1 bar generaría una potencia eléctrica adicional de 0,5 MW, ahorrando US$ 1 millón al año en combustible consumido. Este cambio se implementa fácilmente por qué no requiere inversión.

Como proyecto a mediano plazo queda la conversión de las tuberías de vapor y válvulas de control, para usar baja presión en lugar de alta presión y transferir la carga de vapor de la turbina de extracción de media presión a la turbina de contrapresión a baja presión, generando una potencia eléctrica adicional de 7 MW, equivalente a US$ 10 millones.

Tabla N° 15.
Ahorros por la implementación de mejoras energéticas

Sistema	Situación Original	Propuesta	Beneficios		
			Ahorro económico (mUS$/año)	Inversión (mUS$)	Retorno Inversión (mes)
Turbina con extracción de baja presión	Trabajaba con extracción de media presión	Reducción de la presión en 1 bar	1 000	500(*)	6

m = miles
(*) costo estimado del estudio de evaluación energética realizada
Elaboración FONAM, Fuente: PALMER INTERNATIONAL PARTNERSHIP, 2016
http://www.pipllp.com/case-study-3/

7.3 Caso 3: Mantenimiento programado con parada de planta, para implementar medidas de eficiencia energética en una refinería

La refinería de Repsol de Cartagena, Colombia, implemento un mantenimiento programado con parada de planta en sus áreas de Hidrocraker destinadas a la producción de combustibles e hidrotratamiento. La inversión prevista para llevar a cabo estas tareas fue de 42 millones de euros.

Durante esta parada, de más de un mes, se realizaron diferentes acciones, como inspecciones reglamentarias y trabajos de mantenimiento, que no se pueden realizar cuando las unidades de producción están en funcionamiento, Estos trabajos, permitieron realizar mejoras en fiabilidad, seguridad y eficiencia energética de los equipos, contribuyendo sustancialmente a la reducción de las emisiones de CO2, con un ahorro previsto de 44.000 toneladas de CO2 en 2017.

Figura N° 23.

Mantenimiento programado con parada de planta en una refinería

Fuente: Publicación Interempresas net, Estaciones de servicio, España, mayo 2017

Las unidades sobre las que se aplican las mejoras previstas son vitales para la refinería de Cartagena, y presentan "un alto grado de complejidad tecnológica". Prueba de la dificultad de los trabajos previstos es que la planificación y preparación de los mismos se ha extendido durante aproximadamente dos años.

En este sentido, la experiencia de la parada del pasado año ha sido muy valiosa y ha permitido incorporar lecciones aprendidas durante la programación de los trabajos,

que sin duda redundarán en el éxito de esta nueva parada, destacan desde la compañía energética.

Durante las semanas que se prolongaron las tareas de mantenimiento una media diaria de 1 100 profesionales, a veces 1 500, entre personal propio y la participación de empresas externas, desarrollaron su actividad en la refinería de Cartagena.

Tabla N° 16.
Ahorros logrados por la implementación de mejoras energéticas

Sistema	Mejora Implementada	Ahorros	Inversión		Retorno de la Inversión
		Miles US$/año	Concepto	Miles US$	Años
Hidrocraker e hidrotratamiento	Mantenimiento de equipos con mejoras energéticas	11 000	Movilizar 1 100 personas entre profesionales y trabajadores con equipamiento, para efectuar el mantenimiento.	45 600	4

Fuente: Elaboración FONAM, Publicación Interempresas net, Estaciones de servicio, España, mayo 2017

✓ Beneficios

Implementar medidas de eficiencia energética en equipos consumidores de energía que antes no se podían hacer por encontrarse en funcionamiento, ahorro económico y reducción de 44 000 toneladas de CO_2 al año.

8

EL CONSUMO DE ENERGÍA Y EL IMPACTO AMBIENTAL PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO

8 EL CONSUMO DE ENERGÍA Y EL IMPACTO AMBIENTAL PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO

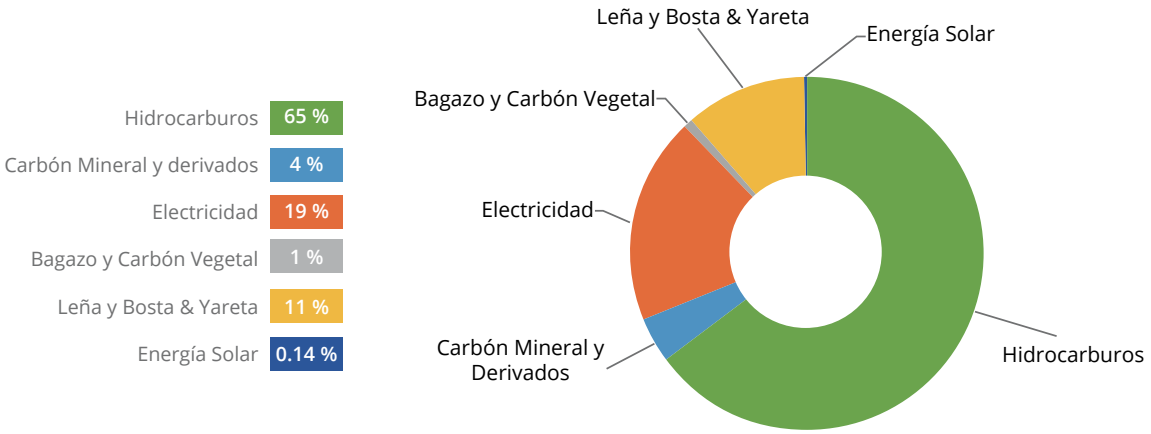
8.1 El impacto ambiental del consumo de energía

El desarrollo de la humanidad ha significado el incremento de las necesidades del ser humano y la atención a dichas necesidades motivando el uso de muchos recursos del planeta y dentro de ello el uso de los combustibles fósiles, como elemento energético auxiliar para las diversas actividades económicas.

La refinería como productor de fuentes energéticas secundarias, es también un consumidor importante para desarrollar su propia actividad industrial. La mayor parte del uso energético es para calor de proceso, cubierto por gas, y petróleo industrial. También consume energía en sus modalidades de electricidad para mover maquinarias, iluminación, control automatizado y otros.

Durante el año 2015, en la estructura del consumo por fuentes energéticas, los hidrocarburos tuvieron un registro del 65%, siendo los de mayor consumo registrado en el país como se muestra en la Figura N° 24.

Figura N° 24.
Estructura del Consumo de Energía por Fuentes 2015



Fuente: MINEM

El proceso productivo de las refinerías como toda actividad industrial generan impactos ambientales que pueden ser agrupados por impactos locales y globales de acuerdo al siguiente cuadro:

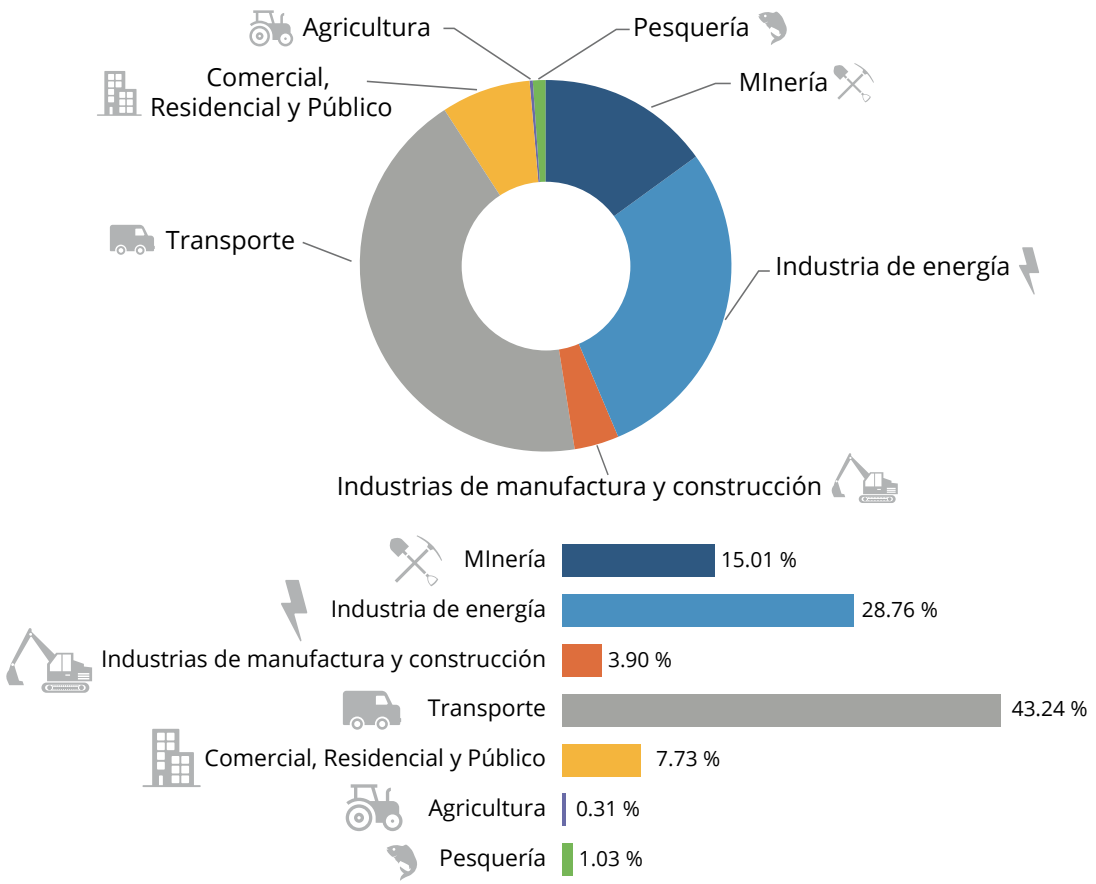
Tabla N° 17.

Impactos Locales	Impactos Globales
• El agotamiento progresivo de los recursos no renovables. • Las emisiones a la atmósfera. • La contaminación del agua y de los suelos. • La generación de residuos. • La utilización del suelo. • La generación de ruidos. • Impacto visuales sobre el paisaje.	• El cambio climático. • La disminución de la capa de ozono • La lluvia ácida. • Efectos negativos sobre la biodiversidad.

Fuente: Gas Natural Fenosa

El principal impacto ambiental se origina en la quema de combustibles fósiles a través de las emisiones de gases de efecto invernadero emitidas a la atmósfera que causan el cambio climático. Las industrias de energía donde se encuentra el sector de refinería representa el 28.76% (11,881 Gg CO2 eq) de las emisiones por quema de combustibles en la categoría Energía de las emisiones nacionales.

Figura N° 25.
Emisiones de GEI por Quema de Combustibles



Fuente: MINAM – Tercera Comunicación Nacional (2015)

8.2 El uso eficiente de la energía como compromiso mundial para la lucha contra el cambio climático

Como respuesta a los impactos ambientales y dentro de estos a la lucha contra el cambio climático, en el año 1988 se creó el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático – IPCC cuya misión es evaluar en términos exhaustivos, objetivos, abiertos y transparentes la mejor información científica, técnica y socioeconómica disponible sobre el cambio climático en todo el mundo[11].

En el año 1992 se creó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, que entró en vigor en 1994 la cual reconoce que el cambio climático requiere la unión de esfuerzos a nivel mundial de todos los países quienes, mediante compromisos comunes pero diferenciados, brinden apoyo de acuerdo[12] a sus condiciones de desarrollo social y económico.

El objetivo de esta Convención (CMNUCC) es lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero – GEI en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático (CMNUCC, 1992).

Tabla N° 18.
Gases de Efecto Invernadero

Nombre	Fórmula
Dióxido de Carbono	CO_2
Metano	CH_4
Óxido Nitroso	N_2O
Hidrofluorocarbonos	HFC
Perfluorocarbonos	PFC
Hexafluoruro de azufre	SF_6

Fuente: Elaboración FONAM

Dicha Convención (CMNUCC) contempla al Desarrollo Sostenible como el pilar de las acciones de mitigación y adaptación del Cambio Climático, para lo cual toma diversas medidas en cuanto a la reducción de las emisiones de GEI.

Mitigación Intervención humana destinada a reducir las fuentes o intensificar los sumideros de gases de efecto invernadero (GEI).

Adaptación Ajuste en sistemas humanos o naturales en respuesta a los estímulos climáticos actuales o esperados o sus efectos, que modera los daños o explota oportunidades beneficiosas. Hay dos tipos de adaptación: reactiva, es decir después de la manifestación de impactos iniciales, y la adaptación planificada la cual puede ser reactiva o anticipatoria (emprendida antes que los impactos sean aparentes). Además, la adaptación puede ser a corto o largo plazo, localizada o extendida, y pueden tener varias funciones y tomar varias formas.

Fuente: IPCC

11 http://ipcc.ch/pdf/ipcc-faq/ipcc-introduction-sp.pdf
12 https://www.ipcc.ch/ipccreports/1992%20IPCC%20Supplement/IPCC_1990_and_1992_Assessments/Spanish/ipcc_90_92_assessments_far_overview_sp.pdf

Así mismo reconoce que los países en general y en especial los países en desarrollo como Perú requieren el acceso a diversos recursos para lograr el desarrollo sostenible y que para ello incrementan cada vez más su consumo de energía; sin embargo la Convención busca que este **consumo de energía sea de forma eficiente** aplicando, en su mayoría, medidas de producción de **energía limpia** con el fin de controlar las emisiones de GEI a través de la aplicación de **nuevas tecnologías** y mediante el **acceso al financiamiento** con el apoyo de los países desarrollados.

8.3 Oportunidades de los compromisos mundiales

La CMNUCC, a través del Acuerdo de París adoptado en el año 2015 y ratificado por el Perú en el año 2016, busca mantener la temperatura del planeta por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales a través de la implementación de las contribuciones nacionales que desarrollan políticas nacionales bajas en emisiones. Una forma de atender esta responsabilidad es promover la eficiencia energética que contribuye a la reducción del consumo de energía y por lo tanto a la reducción de GEI. Para ello los países en desarrollo con el apoyo de los países desarrollados trabajarán de la siguiente manera:

- Promover y apoyar con su cooperación el desarrollo, la aplicación y la difusión, incluida la transferencia, de tecnologías, prácticas y procesos que controlen, reduzcan o prevengan las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal en todos los sectores pertinentes, entre ellos la **energía**, el transporte, la industria, la agricultura, la silvicultura y la gestión de desechos;
- Aquellos países desarrollados que conforman la Convención, deberán asumir medidas relacionadas con el financiamiento, los seguros y la transferencia de tecnología con el fin de brindar soporte para atender las necesidades y preocupaciones específicas relacionados a los efectos adversos del cambio climático de las Partes que son países en desarrollo incluyendo a los países cuyas economías dependen en gran medida de los ingresos generados por la producción, el procesamiento y la exportación de **combustibles fósiles y productos asociados de energía intensiva, o de su consumo;** cuya sustitución les ocasione serias dificultades.

Las oportunidades de los compromisos mundiales con la energía están asociadas principalmente a las acciones de mitigación para la reducción de emisiones de GEI. Estas acciones se han discutido en las diversas reuniones de la CMNUCC y se tomaron acuerdos como el Protocolo de Kioto que promovió un mercado regulado para la venta de reducciones de GEI y adicionalmente se formó el mercado voluntario de carbono. Luego se desarrollaron compromisos de Acciones Nacionales Apropiadas de Mitigación (NAMAs) y recientemente las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDCs).

En todas estas acciones el sector energético se considera de significativa participación ya que las medidas de

eficiencia energética y de empleo de energías limpias son medidas con alta capacidad de mitigación que contribuirán a la reducción de emisiones.

8.3.1 Mercado de Carbono (MDL y Voluntario)

En 1998, se firma el Protocolo de Kioto, un acuerdo importante que establece compromisos y metas de reducción de emisiones de GEI de 37 países industrializados y la Unión Europea (denominados Países Anexo I), reconociendo que son los principales emisores de GEI y por lo tanto responsables del cambio climático[13].

El Protocolo de Kioto promovió la elaboración de políticas y medidas para cumplir con los objetivos, diferentes en cada país contemplando para el caso de energía lo siguiente[14] 16:

- Fomento de la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional.
- Investigación, promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía, de tecnologías de secuestro de dióxido de carbono y de tecnologías avanzadas y novedosas que sean ecológicamente racionales.

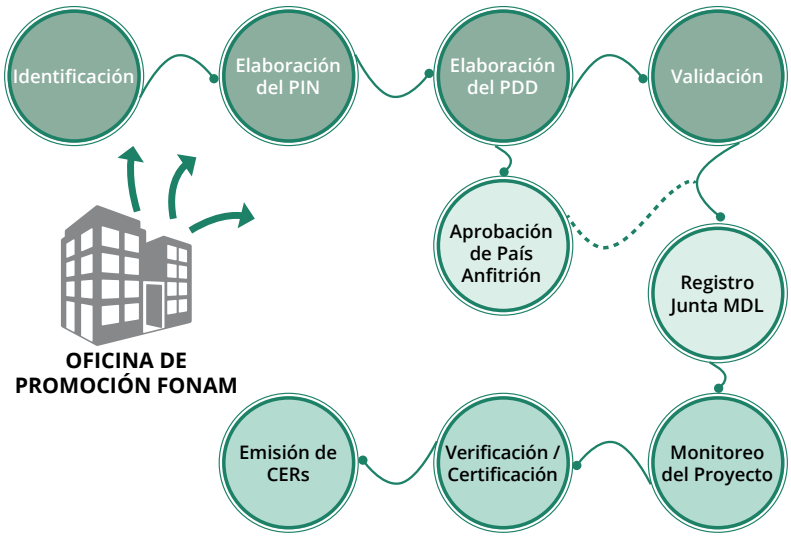
Para facilitar el cumplimiento de dichos compromisos, el Protocolo de Kioto estableció tres mecanismos de flexibilidad: **Implementación Conjunta, Comercio de Emisiones y Mecanismo de Desarrollo Limpio.** Este último incluye la participación de los países No Anexo I como el Perú en donde se desarrollaron proyectos de reducción de emisiones de GEI en diferentes sectores como Energía, Residuos Sólidos y Bosques. A partir de lo cual se generan los Certificados de Reducción de Emisiones – CERs que son comercializados a países desarrollados.

De esta manera el MDL fomentó el desarrollo de iniciativas sostenibles en países No Anexo I gracias al aporte de los países Anexo I, para el cumplimiento de su compromiso de reducción de emisiones.

A continuación, se presenta el proceso de aplicación al MDL:

13 Estos compromisos aplican al principio de la CMNUCC de ser "responsabilidades comunes pero diferenciadas
14 16 Protocolo de Kioto - CMNUCC

Figura N° 26.
Proceso de aplicación al MDL



Fuente: FONAM. Elaboracion propia.
PIN: Nota Informativa del Proyecto, CER: Certificado de reducción de emisiones PDD: Proyecto de Diseño de Documento/Estudio de factibilidad de carbono Fuente: Elaboración FONAM

En paralelo al desarrollo del Mercado de Carbono regulado por el Protocolo de Kioto, se desarrolló el Mercado Voluntario de Carbono, que como su nombre lo indica, no se encuentra vinculado a ninguna norma de compromisos de reducción de emisiones sino que al contrario se desarrolla de manera voluntaria entre entidades que voluntariamente desean desarrollar iniciativas de lucha contra el cambio climático y lo registran en Estándares Internacionales que se han ganado credibilidad por el tipo de proyectos que registran.

Estas iniciativas también reciben créditos de carbono por las reducciones o secuestro de carbono que resulta de su implementación, a estos créditos se les denomina VERs por sus siglas en inglés o Reducción de Emisiones Voluntarias. El proceso de aplicación es similar al MDL, sin la carta del país anfitrión que en el caso de Perú es el MINAM (Ver Figura N° 26).

Los Estándares asociados a energía, dentro de este mercado voluntario son los siguientes:

Tabla N° 19.
Estándares del Mercado Voluntario

Estándares a Nivel Mundial	Alcance
VCS (Verified Carbon Standard)	Energía (renovable / no renovable), distribución de energía, demanda de energía, industrias manufactureras, industria química, entre otros.
GS (Gold Standard)	Energía Renovable, Eficiencia Energética
American Carbon Registry Standard (ACRS)	Eficiencia Energética y Energía Renovable

Fuente: Elaboración FONAM

El Perú es un país líder en el mercado mundial del carbono y ha mostrado mucha competitividad teniendo a diciembre del 2016 un potencial de inversiones de proyectos de reducción de emisiones de GEI que representan más de US$ 13 mil millones con alta participación de proyectos de energía como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla N° 20.

Potencial de Proyectos de Reducción de Emisiones de GEI de Perú - MDL y Voluntario

Sectores	Reducción de Emisiones (TCO2e/año)	Inversión en millones (US$)	Número de Proyectos
Hidroeléctrica	17,431,388.45	7,516.16	75
Línea de Transmisión	22,385.00	269.35	4
Energía Eólica	1,249,255.00	1,082.70	8
Energía Solar	1,112,823.00	735.29	7
Gestión de Residuos Sólidos	6,488,474.00	564.05	20
Transporte	733,817.00	1,000.50	5
Biomasa	1,421,922.00	193.94	20
Cambio de Combustible	385,262.50	14.14	9
Cogeneración	387,130.00	30.52	5
Eficiencia Energética	2,266,761.00	1,511.42	15
Energía Geotérmica	224,406.00	140.00	1
TOTAL	**31,723,623.95**	**13,058.06**	**169**

Fuente: Elaboración FONAM

Los proyectos de eficiencia energética y energías renovables que desarrollen las empresas del sector de refinería pueden aplicar al mercado de carbono. A continuación, se presentan cuatro casos de proyectos en el sector refinería de petróleo que aplicaron al mercado de carbono y se encuentran registrados en la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático.

Tabla N° 21.

Caso	País
Reducción de las emisiones de GEI mediante la optimización del tren de precalentamiento en la CDU y la VDU de la refinería Digboi, Indian Oil Corporation Limited (División de Petróleo de Assam).	India
Sistema de Recuperación de Gas de Antorcha (FGRS) en Barauni Refinery de Indian Oil Corporation Limited.	India
Reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero a través del reemplazo del Combustible con Gas Natural en operaciones de hornos de refinería en Essar Oil Ltd.	India
Recuperación del Gas de Antorcha en la Refinería de Petróleo de Tabriz.	Irán

Fuente: Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático recuperado de http://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html

De todo el proceso, la elaboración del PDD/ Estudio de carbono es la fase principal debido a que este documento indica la cantidad de emisiones que se reducirá lo que permite tomar la decisión de aplicar al Mercado de Carbono.

8.3.2 Las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) y el Sector Energía

En el marco de la adopción del Acuerdo de París, las Partes presentaron a la CMNUCC sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas, las cuales son compromisos de **reducción de GEI y acciones de adaptación** a los efectos del cambio climático, que cada país presenta de manera voluntaria y de acuerdo su realidad.

La propuesta del Perú es una reducción de emisiones en 30% relativa a una línea base Business as Usual (BaU), escenario con inicio en el año base 2010, y culmina en el año 2030.

Tabla N° 22.
Contribución Nacional Peruana

Año	Emisiones MtCO2eq incluyendo USCUSS	Meta de reducción 30% (MtCO2e)
2010 (año base)	170.6	89.49
2030 (año meta)	298.3	

La NDC en mitigación se enmarca en instrumentos nacionales vigentes y en políticas y programas sectoriales del País. Las iniciativas propuestas en mitigación, pertenecen a seis sectores: Energía, Transporte, Procesos Industriales, Agricultura, Desechos, y Uso del Suelo, Cambio en el Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS).

A continuación, se detallan las iniciativas propuestas en el sector Energía, las cuales contemplan actividades aplicables para el sector de energía como el uso de energías renovables, cogeneración en Industrias, optimización de Motores, Etiquetado en Eficiencia Energética e equipos y electrodomésticos entre otros.

Tabla N° 23.
Iniciativas propuestas en el sector Energía en la Contribución Nacional Peruana

Código	Sector	Nombre de iniciativa	Mitigación MtCO2eq en 2030
E1	Energía	Combinación de Energías Renovables	2.101
E2	Energía	Generación Distribuida con Paneles Solares	0.041
E3	Energía	Electrificación Rural con Paneles Solares	0.046
E4	Energía	Interconexión Eléctrica con Ecuador	0.057
E5	Energía	Reducción de Pérdidas en el SEIN	0.886
E6	Energía	Cogeneración en Refinerías	0.598
E7	Energía	Cogeneración en Industrias	0.079
E8	Energía	Cogeneración en Servicios Hospitalarios	0.713
E9	Energía	Calentadores Solares de Agua en Viviendas	0.028
E10	Energía	Reemplazo de Motores por Antigüedad	0.108
E11	Energía	Optimización de Motores (tecnología VSD)	0.049
E12	Energía	Optimización de Calderas (buenas prácticas)	0.187
E13	Energía	Reemplazo Calderas por Antigüedad	0.116
E14	Energía	Reemplazo de Lámparas Incandescentes en Viviendas	0.15
E15	Energía	Reemplazo de Lámparas Fluorescentes en Viviendas	0.133
E16	Energía	Reemplazo de Lámparas Fluorescentes en sector comercial	0.081
E17	Energía	Reemplazo de Luminarias en Alumbrado Público	0.188
E18	Energía	Etiquetado en Eficiencia Energética en equipos y electrodomésticos	0.135
E19	Energía	Sistema de Gestión Integral de Energía en Industrias y Servicios	2.324
E20	Energía	Reducción uso de combustibles LT Iquitos	0.283
E21	Energía	Cocinas Mejoradas	1.12
E22	Energía	Reemplazo de fluorescentes público	0.034
E23	Energía	Redes Eléctricas inteligentes (Smart Grid)	0.057
E24	Energía	Eficiencia en nuevas edificaciones (NAMA)	0.619
E25	Energía	Eficiencia Energética en Ladrilleras (NAMA)	0.73

8.4 Financiamiento climático

A raíz de los compromisos mundiales para la lucha contra el cambio climático, los flujos de financiamiento de países desarrollados a países en desarrollo han incrementado en los últimos años.

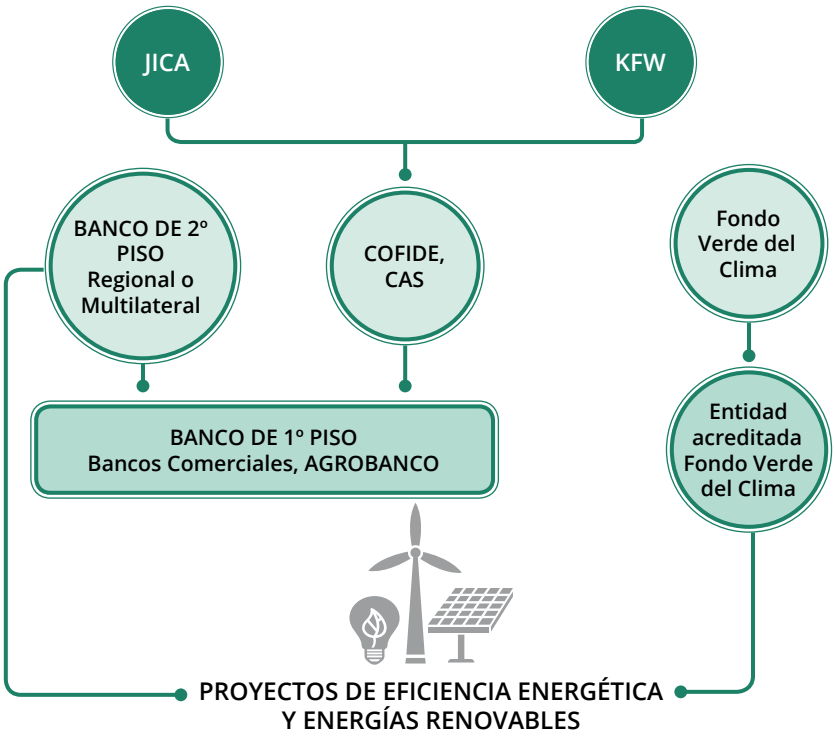
Dentro de los mecanismos financieros se encuentra el Fondo Verde del Clima (FVC), el cual se adoptó en el año 2011 por la CMNUCC, y lleva como objetivo financiar las actividades de mitigación y

adaptación al cambio climático mediante la contribución de los países desarrollados por el monto de US$ 100,000.00 millones anuales para el 2020. En la COP21, llevada a cabo en París, se propuso un nuevo objetivo colectivo sobre la base del objetivo de los US$ 100,000.00 millones, a lograr para el año 2025. Hasta el momento, el FVC viene recibiendo aportes mayores a US$ 10,200.00 millones. Por otro lado, una parte importe del financiamiento destinado para el clima está dirigido a las acciones de mitigación, el cual abarca proyectos y programas de eficiencia energética y de energías renovables.

Entre otras fuentes financieras que también brindan apoyo en las acciones de mitigación está el Fondo Fiduciario del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés). Prácticamente el total de los recursos que brinda este fondo están dirigidos al desarrollo de proyectos de mitigación, dentro de la cual están la energía renovable (36%), la eficiencia energética (30%) y las tecnologías de baja emisión GEI (13%).

El Perú cuenta con este tipo de fondos, los cuales han sido aportados en gran medida por el Banco de desarrollo de Alemania, KFW y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA, por sus siglas en inglés), con montos de hasta EUR 120 MM y US$ 80 MM, respectivamente. Estos montos vienen siendo aplicados en los diversos sectores que llevan a cabo proyectos de eficiencia energética, con lo cual se la oportunidad de financiamiento para las empresas del sector refinería.

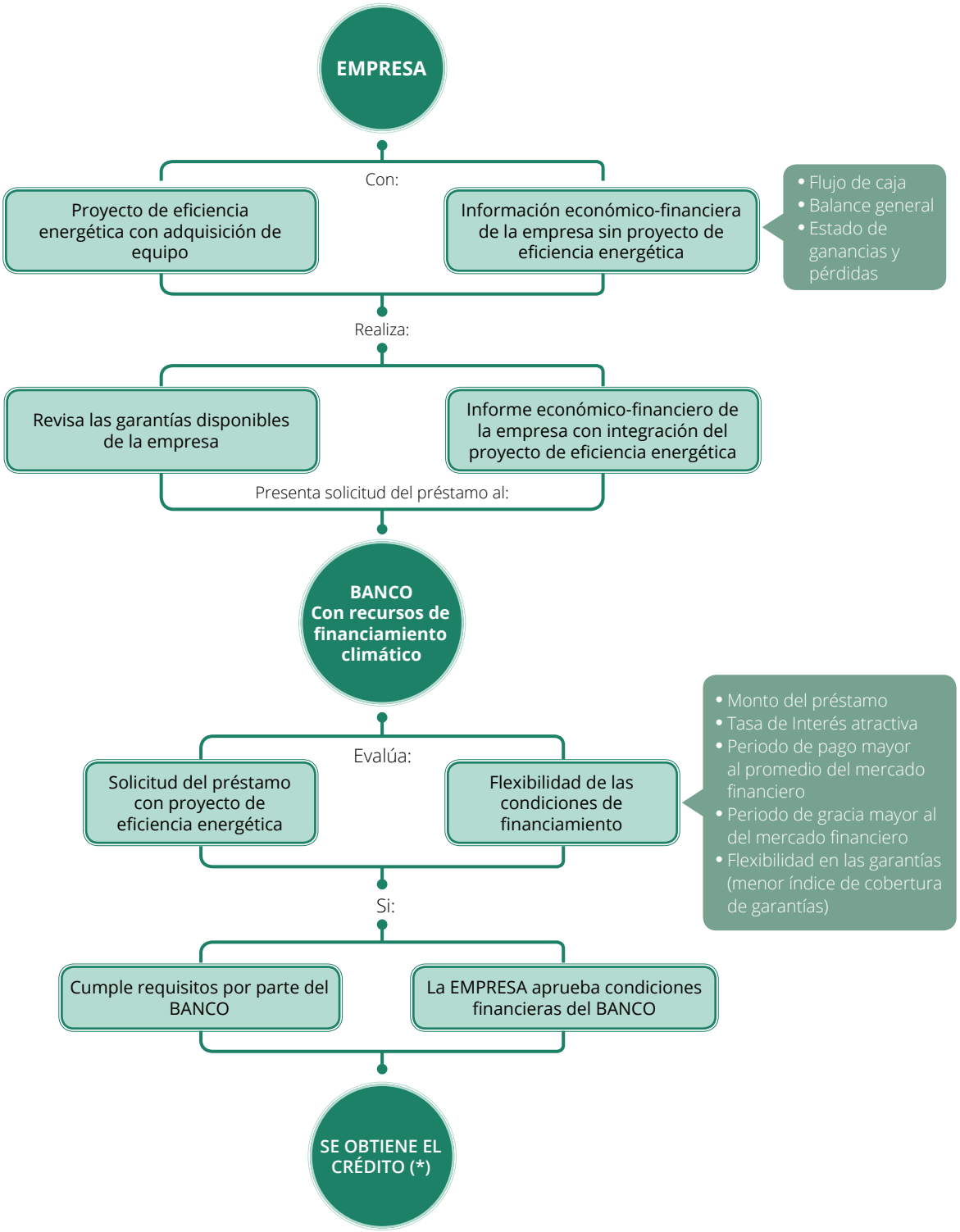
Figura N° 27.
Opciones de financiamiento para proyectos de eficiencia energética y energías renovables



Fuente: Elaboración FONAM

Para lograr acceder al financiamiento climático y fondos de inversión que cuentan con responsabilidad ambiental, se debe seguir el siguiente proceso:

Figura N° 28.
Ciclo de un préstamo con recursos de financiamiento climático



(*) Con posibilidad de obtener asistencia técnica no reembolsable.
Fuente: Elaboración FONAM

9

BIBLIOGRAFÍA

9 BIBLIOGRAFÍA

- Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Petroleum Refineries, EPA, 2015
- La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú, OSINERGMIN, 2017
- Guía de implementación de la ISO 50001, Agencia Chilena de Eficiencia Energética
- Consultoría Energética IPSOM, España, 2017
- High Integrity & Severe Services, CAHDEZ, Colombia, 2011
- R.C. Castello & Assoc. Inc., USA, 2016
- Publicación PETROPERU, 2017
- Auditoría energética de la planta de tratamiento y recuperación de crudo intemperizado de EP PETROECUADOR, 2012
- Cogeneración Aspectos Termodinámicos, Tecnológicos y Económicos, Universidad del País Vasco, España
- Boletín Técnico La Llave N°69, 2016
- Guía Modelo N° 10 Elaboración de Proyectos de Guías de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético – Refineria de la Dirección General de Electricidad – Ministerio de Energía y Minas – Perú
- Lineamientos de Política de cambio climático para el sector energético, Julia Justo – OLADE 2015
- Guía de implementación de la ISO 50001, Agencia Chilena de Eficiencia Energética
- http://www.smarkia.com/es/blog/como-aplicar-el-protocolo-internacional-de-medida-y-verificacion-ipmvp
- http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/199/1/quispe_rs.pdf
- http://www.sbs.gob.pe/principal/categoria/empresas-bancarias/1736/c-1736

A. Referencias de material audiovisual sobre eficiencia energética:

- CLEAN ENERGY MINISTERIAL, Case Study: Abu Dhabi National Oil Company, 2016 http://www.cleanenergyministerial.org/energymanagement.
- PALMER INTERNATIONAL PARTNERSHIP, Case Study: STATE-OF-THE-ART ASIAN REFINERY, 2016 http://www.pipllp.com/case-study-3/
- Publicación Interempresas net, Estaciones de servicio, España, mayo 2017
- Solución de gestión energética para la industria https://www.youtube.com/watch?v=gi9QNImyhYw
- Eficiencia energética en iluminación en la industria (planta y almacenes) con tecnología LED https://www.youtube.com/watch?v=1iRLAi4f6f8

B. Referencias de Softwares gratuitos disponibles para aplicaciones de eficiencia energética en planta:

- ✓ Calculadora para ahorro en iluminación, climatización y agua caliente
  http://ovacen.com/herramienta-eficiencia-energetica/
- ✓ Ahorro de Energía en Motores, Bombas y Ventiladores:
  http://www.automation.siemens.com/sinasave#/en/home
- ✓ Herramientas de Software: Gestionar el consumo energético de su planta:
  http://www.energy.gov/eere/amo/software-tools
- ✓ Estimating appliance and home emectronic energy use:
  http://energy.gov/energysaver/estimating-appliance-and-home-electronic-energy-use
- ✓ RETScreen es un sistema de software de gestión de la energía limpia para la eficiencia energética:
  http://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465

10

GLOSARIO

10 GLOSARIO

A. Acrónimos

PUEE	Programa de uso eficiente de la energía.
COFIDE	Corporación financiera de desarrollo S.A.
CONAM	Consejo Nacional del Ambiente.
SNI	Sociedad Nacional de Industrias.
PRODUCE	Ministerio de la Producción.
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
LCE	Ley de Concesiones Eléctricas.
COES	Comité de Operación Económica del Sistema.
DEP	Dirección Ejecutiva de Proyectos del MEM.
DGE	Dirección General de Electricidad del MEM.
INEI	Instituto Nacional de Esta dística e Informática.
MEM	Ministerio de Energía y Minas.
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía.
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de Inversión en Energía y Minería.
SEIN	Sistema Eléctrico Interconectado Nacional.
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.
CENERGIA	Centro de Conservación de la Energía y el Ambiente.
BRG	Barra de referencial de generación.

B. Términos

- **COGENERACIÓN:** Es el proceso de producción combinada de energía eléctrica y energía térmica, que hace parte integrante de una actividad productiva, mediante el cual la energía eléctrica es destinada al consumo propio o de terceros.

- **COSTO MARGINAL O CMG:** Definido por el COES cada 15 minutos y utilizado en las valorizaciones mensuales de las transferencias de energía activa.

- **DEMANDA MÁXIMA MENSUAL Y DEMANDA MÁXIMA MENSUAL EN HORAS DE PUNTA:**

  a) Se entenderá por demanda máxima mensual, al más alto valor de las demandas integradas en períodos sucesivos de 15 minutos, en el periodo de un mes.
  b) Se entenderá por demanda máxima mensual en horas de punta, al más alto valor de las demandas integradas en períodos sucesivos

de 15 minutos, en el periodo de punta a lo largo del mes.

c) Se entenderá por demanda máxima mensual fuera de punta, al más alto valor de las demandas integradas en períodos sucesivos de 15 minutos, en el periodo fuera de punta a lo largo del mes.

- **ENERGÍA ACTIVA (kW.h):** Significa kilowatt hora. Es una unidad de medida de la energía eléctrica activa.

- **ENERGÍA REACTIVA (kVAR.h):** Significa kilovar hora. Es una unidad de medida de la energía eléctrica reactiva.

- **FACTOR DE CARGA:** El factor de carga es la relación entre la demanda media y la máxima demanda:

Factor de carga = (Demanda media / Máxima demanda)

La demanda media es la relación entre el consumo de energía y el total de horas del periodo de facturación. Cabe mencionar cada día representa 24 horas, independientemente de que algunas instalaciones no trabajan 24 horas.

Tabla N° 24.
Niveles de Tensión

Abreviatura	Significado		
MAT	Muy Alta Tensión	:	mayor a 100 kV
AT	Alta Tensión	:	mayor a igual 30 kV y menor o igual 100 kV
MT	Media Tensión	:	mayor a 1 kV y menor a 30 kV
BT	Baja Tensión	:	menor o igual a 1 kV

- **FACTOR DE POTENCIA:** El factor de potencia (FP) o cos φ se define como la razón de la potencia activa a la potencia aparente. Es decir:

FP = Potencia Activa / Potencia Aparente

- **FACTURACIÓN DE ENERGÍA ACTIVA:** La facturación por energía activa se obtendrá multiplicando el o los consumos de energía activa, expresado en kW.h, por el respectivo cargo unitario.

- **FACTURACIÓN DE LA POTENCIA ACTIVA DE GENERACIÓN:** La facturación de Potencia Activa se obtendrá multiplicando los respectivos kilowatts (kW) de Potencia Activa registrada mensualmente, por el precio unitario correspondiente al cargo por potencia de generación, según se señala en las condiciones específicas para cada opción tarifaria.

- **FACTURACIÓN DE LA POTENCIA ACTIVA POR USO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN:** La facturación de Potencia Activa se obtendrá

multiplicando los respectivos kilowatts (kW) de Potencia Activa por el precio unitario correspondiente, según se señala en las condiciones específicas para cada opción tarifaria.

La potencia variable será determinada como el promedio de las dos mayores demandas máximas del usuario, en los últimos seis meses, incluido el mes que se factura.

- **HORAS DE PUNTA (HP) Y HORAS FUERA DE PUNTA (HFP):**

  a) Se entenderá por horas de punta (HP), el período comprendido entre las 18:00 y las 23:00 horas de cada día de todos los meses del año.

  b) Se entenderá por horas fuera de punta (HFP), al resto de horas del mes no comprendidas en las horas de punta (HP).

- **MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO (MDL):** Mecanismo flexible del Protocolo de Kyoto que permite comercializar las reducciones de emisiones certificadas de gases de efecto invernadero, de un país en vías de desarrollo como el Perú a otro desarrollado, en Perú el CONAM es la autoridad nacional designada para el MDL y otorga la carta de aprobación nacional, en el ciclo internacional de este tipo de proyectos.

- **POTENCIA ACTIVA (kW):** Significa la potencia requerida para efectuar trabajo a la velocidad de un kilojoule por segundo. Es la unidad de medida de la potencia eléctrica activa.

- **POTENCIA CONTRATADA:** Es la potencia máxima acordada entre el suministrador y el cliente en el punto de entrega del sistema eléctrico.

- **POTENCIA REACTIVA (kVAR):** Los componentes inductivos usan la energía que reciben en crear campos magnéticos que reciben y la devuelven al circuito, de manera que no se toma energía efectiva de la fuente. Unidades: Sistema Internacional: Volt- Ampere Reactivo (VAR).

- **USUARIOS EN MEDIA TENSIÓN (MT) Y BAJA TENSIÓN (BT):** Son usuarios en media tensión (MT) aquellos que están conectados con su empalme a redes cuya tensión de suministro es superior a 1 kV (kV = kilovolt) y menor a 30 kV. Son usuarios en baja tensión (BT) aquellos que están conectados a redes cuya tensión de suministro es igual o inferior a 1 kV.

- **USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA (UEE):** Es la utilización de los energéticos en las diferentes actividades económicas y de servicios, mediante el empleo de equipos y tecnologías con mayores rendimientos energéticos y buenas prácticas y hábitos de consumo.

11

ANEXOS

11 ANEXOS

11.1 Facturación de energía eléctrica

Una forma de lograr ahorro económico en la fábrica es administrando bien la energía, en este caso la electricidad, cuyo sistema tarifario permite elegir al empresario el sistema que más conviene al empresario desde el punto de vista económico.

Para interpretar correctamente una factura, es importante conocer la terminología tarifaria y algunos conceptos básicos, los cuales normalmente lo define el OSINERGMIN en su página Web (http://www2.osinerg.gob.pe/gart.htm). El sistema de tarifas en el Perú, se basa en el libre mercado y en la libre competencia entre suministradores de energía, distinguiendo a dos tipos de clientes: Libres y Regulados.

a) Clientes Libres

Los clientes o empresas con consumos eléctricos en potencia superiores a 2.5 MW son considerados clientes libres. Los precios de la electricidad para un cliente libre se fijan en una libre negociación de precios y modalidades entre las empresas generadoras ó distribuidoras y el cliente libre, dentro del marco de la Ley de Concesiones Eléctricas (D.L. 25844).

En condiciones de competencia se ha previsto que los clientes libres sean atendidos ya sea por las generadoras o por las distribuidoras en competencia por el servicio a brindar, a diciembre de 2007 el 61% de clientes libres eran atendidos por empresas distribuidoras y el resto (39 %) por generadoras. Los cargos en común acuerdo pueden ser diversos desde los más sofisticados como los de diferenciación de horario estacional hasta los más simples como un solo cargo por energía.

- **Recomendaciones para Clientes Libres**

En muchas empresas es factible optimizar el Contrato de Suministro Eléctrico de un cliente libre, para lo cual se debe identificar los aspectos relevantes que lleven a la formulación de una Estrategia de Negociación con las empresas suministradoras, a efectos de identificar alternativas disponibles para la modificación del Contrato de Suministro y mejorar las condiciones contractuales de acuerdo a las expectativas de precios de mercado en su coyuntura actual, asimismo, se debe evaluar la factibilidad de migrar de Cliente Libre a Cliente Regulado. En la evaluación de los contratos tarifarios se debe considerar los diversos precios medios de electricidad para clientes libres por nivel de tensión y por empresas suministradoras. Para mayor detalle vea http://www2.osinerg.gob.pe/gart.htm.

A continuación, se presenta algunas consideraciones a ser tomadas por la gerencia para la reducción de la factura de energía eléctrica:

- Renegociación del Contrato, mediante una estrategia adecuada técnico-legal.
- Compensación Reactiva, para eliminar el pago por energía reactiva mediante la instalación de bancos de condensadores.
- Reducción de las horas punta de potencia de 5 a 2 horas, existen varios contratos de clientes libres que se benefician con esta cláusula en sus contratos, lo que permite administrar mejor la máxima demanda.
- Facturación de potencia coincidente con la máxima demanda del SEIN; es una opción viable que permite reducir los costos de facturación por máxima demanda.
- Contrato mediante compra al mercado Spot, nueva posibilidad de obtener mejores precios de energía y potencia que puede incorporarse en los contratos tarifarios.
- Control de la máxima demanda mediante: desplazamiento de cargas de algunos procesos de operación no continuos, reducción de picos de demanda y autogeneración en Horas Punta.
- Regulación óptima de la tensión y calidad de energía; para evitar el deterioro prematuro de los equipos eléctricos y reducir el consumo de energía.
- Mediante el traslado de cliente regulado hacia libre, se puede obtener beneficios económicos previa evaluación y se aplica en caso de que la máxima demanda de un cliente libre sea mayor a 0.2 MW y menor a 2.5 MW.

- **Conociendo su factura eléctrica:**

A continuación, se hace una descripción de las características de la factura de energía eléctrica de clientes libres.
La facturación mensual por potencia incluirá los siguientes cobros:

- Cobro por potencia en Horas de Punta.
- Cobro por exceso de la Máxima Demanda Comprometida (MDC) coincidente con la máxima demanda del SEIN serán facturados aplicando como precio el 25% del precio de la Potencia en Horas de Punta.
- Cobro por Peaje de Conexión al Sistema Principal de Transmisión considerando el total de la potencia facturada.
- Cobro por las compensaciones por uso del Sistema Secundario de Transmisión de acuerdo a los peajes establecidos por el OSINERGMIN.

La facturación de energía se hará sobre la energía activa consumida por el cliente de acuerdo a los registros de la medición.

La facturación de excesos sobre la energía asociada se efectuará sólo si la demanda máxima registrada por el cliente excediera la potencia contratada.

La energía a facturarse en cada punto de suministro y medición en Horas Punta y Fuera de Punta, será igual al producto de la energía registrada durante el respectivo periodo de facturación por el factor de pérdidas de energía (fpe) entre la Barra de

Referencia de Generación (BRG) y el punto de suministro y medición asociado por el precio de energía activa asociada.

La facturación mensual por energía activa incluirá los siguientes cobros:

- Cobro por Energía Activa en Horas de Punta.
- Cobro por Energía Activa en Horas Fuera de Punta.
- Cobro por exceso de consumo de energía activa sobre la energía asociada a los periodos de 15 minutos donde se excede la MDC.
- Cobro por las compensaciones por uso del Sistema Secundario de Transmisión y Sistema de Distribución.
- Cargo por electrificación rural (Ley Nº 28749).

A modo de ejemplo, se presenta el detalle de los cargos de una factura de un cliente libre.

Tabla N° 25.

DESCRIPCIÓN	CONSUMO	PRECIO UNITARIO	VALOR VENTA (Soles)
Potencia contratada en h.p. (coincidente con el dia y hora MD SEIN)	15 240 kW	17.11 S/./kW-mes	260 756
Exceso de potencia en h.p.	740 kW	34.22S/./kW-mes	25 323
Potencia adicional contratada en h.f.p.	7 440kW	3.09S/./kW-mes	22 990
Energía activa en horas de punta	12 859 000 kW.h	0.0938S/./kW.h.	12 062
Energía activa en h.f.p.	76 019 000 kW.h	0.0899S/./kW.h.	68 341
Peaje de Conexión	15 240 kW	8.79S/./kW-mes	133 960
Peaje Potencia Hora Punta por uso de SST	14 500 kW	0.3117S/./kW-mes	4 520
Cargo Base Peaje Secundario Equivalente en energía HP SST	12 859 000 kW.h	0.0768centS/./kW.h	9 876
Cargo Base Peaje Secundario Equivalente en Energía HFP SST	76 019 000 kW.h	0.0768centS/./kW.h	58 383
Peaje energía Activa Hora Punta por uso SST	12 601 820 kW.h	0.6141centS/./kW.h	77 388
Peaje energía Activa Hora Fuera Punta por uso SST	74 498 620 kW.h	0.5952centS/./kW.h	443 416
Exceso de energía reactiva inductiva	134 430 kVAR.	3.72centS/./kVAR.h	5 001
Sub Total			**1 122 014**

b. Clientes Regulados

Los clientes o usuarios de electricidad cuyas demandas sean inferiores a 0.2 MW pertenecen al mercado regulado (cliente regulado), para los cuales las tarifas la regulan la Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria (GART) del OSINERGMIN, mediante resoluciones que emiten en forma periódica.

Para estos clientes el OSINERGMIN ha establecido una serie de opciones tarifarias a libre elección de acuerdo a sus tipos de consumos. Los clientes regulados sólo pueden ser atendidos, a precios regulados, por una Empresa Distribuidora dada la existencia de un monopolio natural.

Las opciones tarifarias del mercado regulado se encuentran normadas por la GART del OSINERGMIN mediante sus Resoluciones semestrales de precios en barra y de períodos de cuatro (04) años para los costos de distribución, para mayor detalle vea el siguiente enlace:

http://www2.osinerg.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegosTarifariosUsuarioFinal.aspx?).

Los usuarios podrán elegir libremente cualquiera de las opciones tarifarias vigentes publicadas por el OSINERGMIN, cumpliendo previamente con ciertos requisitos técnicos que exige la respectiva opción tarifaria. La opción tarifaria elegida por el usuario que se supone la más económica, tiene vigencia un año.

Para mayor detalle de los pliegos tarifarios, se puede recurrir al siguiente enlace:

http://www2.osinerg.gob.pe/gart.htm

Por lo común hay tres conceptos de cargo para formular las facturas eléctricas: demanda máxima, energía consumida y factor de potencia, adicionalmente se aplican diversos complementos, según especifica la legislación vigente (la definición de estos conceptos se presenta en el Glosario de Términos).

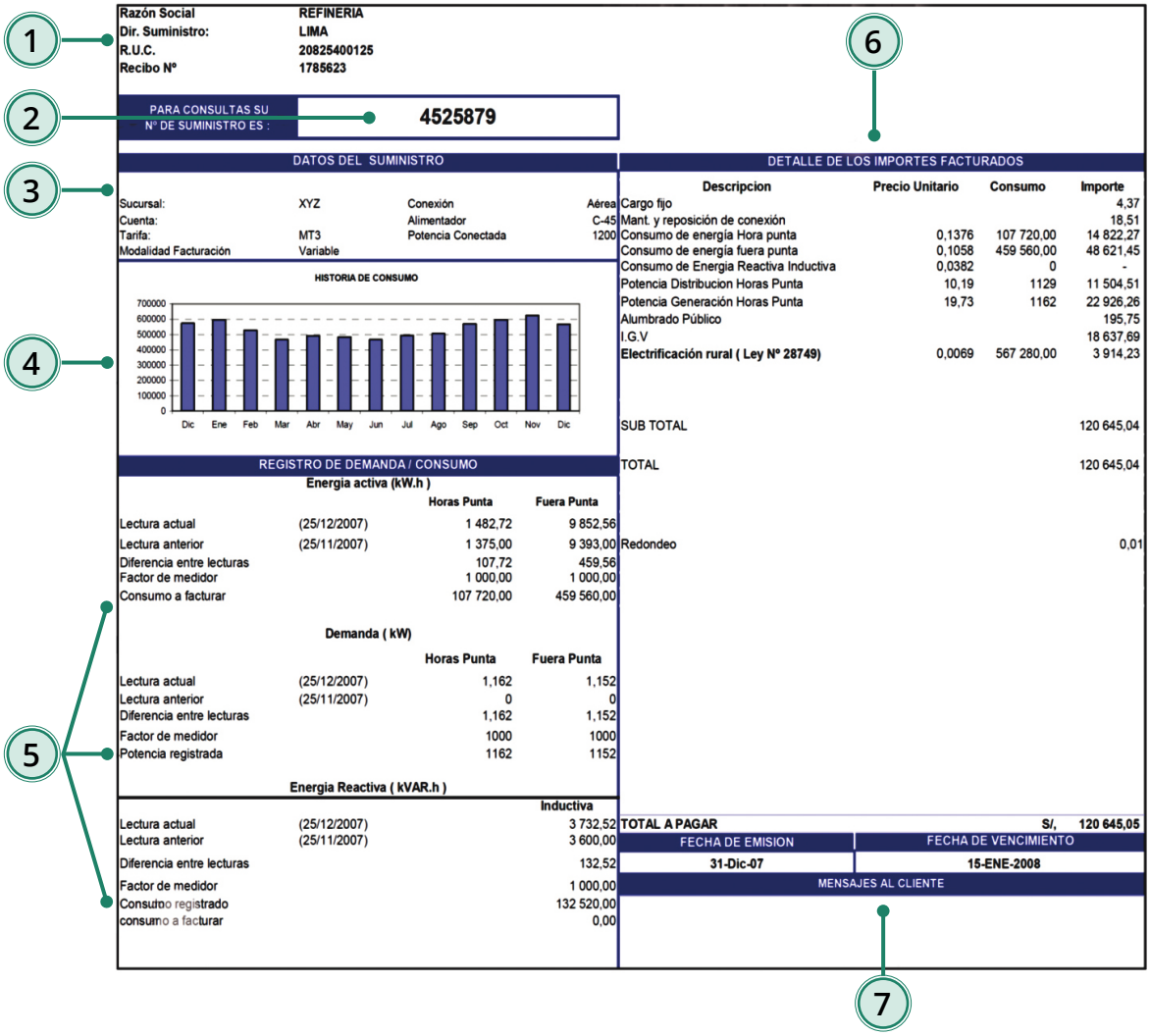
- **Conociendo su factura eléctrica:**

A continuación, se hace una descripción detallada de la característica de la facturación o recibo de energía eléctrica de clientes regulados, con la finalidad de que el usuario interprete adecuadamente la información que se consigna en ella.

Donde:

1. Nombre del titular del suministro de energía.
2. Número de cliente o número de suministro eléctrico, este número identifica al cliente de la empresa eléctrica y podrá realizar las consultas o reclamo ante la empresa eléctrica.
3. Son datos técnicos del suministro y son de información para el cliente.
4. El gráfico muestra la evolución de su consumo eléctrico durante un año atrás.
5. Es la información correspondiente al periodo de lectura, al consumo de energía y potencia mensual registrados por el medidor, la cual se obtiene de la diferencia de la lectura anterior con la lectura actual, multiplicada por el factor de medición.
6. Detalle de los consumos eléctricos y sus respectivos costos a facturarse.
7. Mensajes al cliente, recordatorio sobre su fecha de vencimiento y corte, en caso de atraso en sus pagos, nuevos servicios, saludos en fechas especiales, etc.

Figura N° 29.
Modelo de factura cliente regulado – Refinería



Consideraciones a ser tomadas por la gerencia y el comité de energía para la reducción de la factura de energía eléctrica de un cliente regulado.

- Conocimiento de los tipos de tarifas eléctricas existentes y la posibilidad de elegir el más conveniente para la empresa.
- Conocimiento del perfil de carga actual e histórica, sobre la base del consumo de energía (kWh) y demanda (kW), para determinar el posible cambio de tarifa.
- Compensación Reactiva, para eliminar el pago por energía reactiva.
- Control de la máxima demanda: desplazamiento de cargas y reducción de picos de demanda.
- Autogeneración en Horas Punta, para reducir la máxima demanda en horas punta y obtener la calificación del usuario como presente en fuera de punta.

Un programa de control de la demanda eléctrica es factible en aquellos procesos cuya operación tiene fuertes variaciones en la demanda máxima y bajo factor de carga, como son empresas relacionadas con las refinerías, fundición, papeleras, minería, textil, etc.

11.2 Facturación de Gas Natural

Las tarifas del servicio de distribución de Gas Natural se encuentran reguladas por el Estado Peruano a través de OSINERGMIN.

Los cargos a facturar al consumidor según D.S. 042-99-EM son:

- El precio del Gas Natural (Boca de Pozo).
- La Tarifa por Transporte (Red Principal).
- La Tarifa de Distribución (Otras Redes).
- El Costo de la Acometida, cuando sea financiada.
- Los Tributos que no se encuentren incorporados en la tarifa de Distribución. (IGV, CED).

El uso de Gas Natural en el sector industrial permite obtener ahorros significativos con respecto al uso de otros combustibles, para lo cual se deberán hacer inversiones en la adecuación de las instalaciones industriales para utilizar gas natural.

Si se desea hacer una nueva instalación para usar gas natural, se puede consultar al distribuidor de gas, vía correo electrónico servicioalcliente@calidda.com.pe. cuáles son los procedimientos para el diseño, construcción e instalación de una nueva acometida.

• Categorías de Consumidores

Existen categorías de Consumidores para la Concesión de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos de Lima y Callao, de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla N° 26.

Categoría	Rango de Consumo (sm^3/mes) *
A	Hasta 300
B	301 - 17 500
C	17 501 - 300 000
D	Más de 300 000

(*) sm3: metro cúbico estándar según el numeral 2.19 del Artículo 2° y Artículo 43° del Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos, aprobado por DS 042-99-EM.

• Facturación del Gas Natural (FG)

El procedimiento de Facturación aplicable a los Consumidores de la Concesión de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos (otras redes) de Lima y Callao, es como sigue:

$$FG = PG \times EF \quad \ldots\ldots (1)$$
$$EF = Vf \times PCSGN \quad \ldots\ldots (2)$$
$$EC = Vs \times PCSGN \quad \ldots\ldots (3)$$

Donde:

FG	:	Facturación por el Gas Consumido expresado en Soles.
PG	:	Precio del Gas Natural, expresado en S/./GJ (Soles por Giga Joule), aplicado a los clientes y fijado en función al precio libremente pactado entre el Productor y el Distribuidor.
EF	:	Energía Facturada, expresada en GJ/mes.
EC	:	Energía Consumida en un mes, expresado en GJ/mes.
Vf	:	Volumen del Gas Natural Facturado en el periodo, en metros cúbicos (sm^3), corregido a condiciones estándar de presión y temperatura (15°C y 101,325 kPa). Calculado según el procedimiento definido en el contrato respectivo.
Vs	:	Volumen del Gas Natural consumido en el periodo facturado, en metros cúbicos (m^3), corregido a condiciones estándar de presión y temperatura (15°C y 101,325 kPa).
PCSGN	:	Poder Calorífico Superior promedio del Gas Natural correspondiente al periodo facturado, expresado en Giga Joule (GJ) por metro cúbico (sm^3). Está referido a condiciones estándar de presión y temperatura (15°C y 101,325 kPa).

Las facturas de gas natural, deberán incluir la siguiente información: lectura inicial y final del medidor, el volumen consumido a condiciones de la lectura (Vr), el factor de corrección del volumen (Ks), el volumen a condiciones estándar (Vs), el volumen facturado (Vf), el precio del gas natural (PG), el poder calorífico superior promedio del gas natural (PCSGN), la tarifa de distribución por Otras Redes (MD, MC, CED), las tarifas de la Red Principal y los montos facturados por FG, FRP y FDOR.

11.3 Factores de Conversión – Energía

Tabla N° 27.

		kWh	kcal
Wh	Watt hora	10^{-3}	0,86
kWh	kilo Watt hora	1	860
MWh	Mega Watt hora	10^{3}	$0,86 \times 10^{3}$
GWh	Giga Watt hora	10^{6}	$0,86 \times 10^{6}$
TWh	Tera Watt hora	10^{9}	$0,86 \times 10^{9}$
kcal	kilocaloría	$1,16 \times 10^{-3}$	1
Te	termia	1,163	1,000
J	Joule	$2,778 \times 10^{-7}$	$2,389 \times 10^{-4}$
TJ	Tera Joule	$2,778 \times 10^{2}$	$2,389 \times 10^{5}$

Tabla N° 28.

		kcal	Tep
tep	**tonelada equivalente de petróleo**	10^{7}	1
ktep	**miles de tep**	10^{10}	10^{3}
Mtep	**millones de tep**	10^{13}	10^{6}
tec	**tonelada equivalente de carbón**	7×10^{6}	0,7

11.4 Formatos para el diagnóstico energético

Figura N° 30.

FORMATO DE MEDICIÓN PARA MOTORES

Compañía _____

Fecha _____

Ubicación _____
Proceso _____
Departamento _____

Datos Generales

Equipo que acciona _____

Datos de Placa del Motor

Fabricante _____
Modelo _____
Numero de serie _____
Tipo de motor _____
Potencia: HP.Kw _____
Voltaje (V) _____
Corriente (A) _____
Velocidad de sincronismo (RPM) _____
Velocidad a plena carga (RPM) _____
Factor de potencia a plena carga (%) _____
Eficiencia a plena carga (%) _____
Temperatura (°C) _____
Clase de aislamiento _____
Tipo de conexion _____

Rebobinado

Si ☐
Cuantas veces ☐
No ☐

Carga del Motor (%) _____

Perfil de operación

Tiempo de operación anual _____ hrs/año

Tipo de carga

1. Carga constante, durante la operación ☐
2. Carga arranca y para, cte cuando opera ☐
3. Carga arranca y para, fluctuante cuando opera ☐

Datos de Medición

Con instrumentos de medición
Voltaje (Voltios)
Va _____
Vb _____ Vavg _____
Vc _____
Corriente (amperios)
Ia _____
Ib _____ Iavg _____
Ic _____
Factor de potencia (PF) _____
Potencia (hp/kw) _____
Velocidad de operación (RPM) _____
Frecuencia de operación (Hz) _____

Observaciones _____

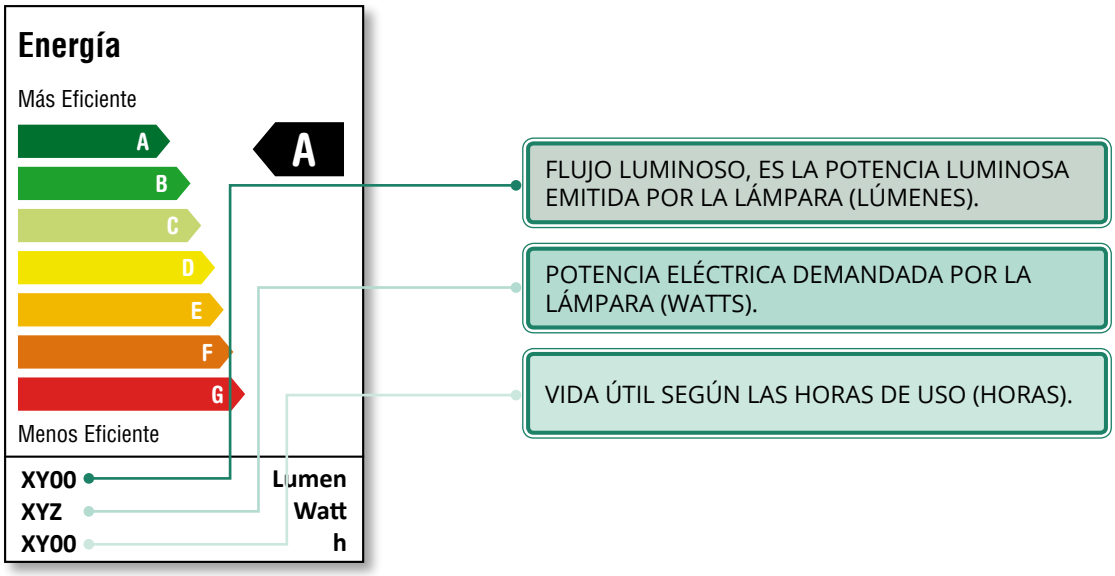
11.5 Especificaciones técnicas para lámparas LED

Las lámparas LED han marcado un hito en el mercado de la iluminación, por su alta eficacia lumínica, esto es menos Watts de potencia eléctrica demandada para brindar similar flujo luminoso con otros tipos de lámparas, por la mayor cantidad de horas de vida útil y por la variada gama de colores y arreglos en la iluminación. Si bien tienen un costo inicial relativamente mayor que otro tipo de lámparas, el ahorro en electricidad durante su operación y el mayor número de horas de vida útil justifica largamente su implementación.

Las características y especificaciones a tener en cuenta en la elección de un LED para garantizar los ahorros en energía y en costos, son las siguientes:

1. **Etiqueta de eficiencia energética.** Todas las lámparas —incluyendo las LEDs— deben incorporar en el embalaje, caja o blíster de venta, información sobre su consumo energético; esta información se refleja en esta etiqueta energética, la que muestra siete categorías de eficiencia energética A, B, C, D, E, F y G siendo A la más eficaz y G la menos eficaz.

Figura N° 31.
Modelo de etiqueta de eficiencia energética para lámparas



2. **El flujo luminoso (lúmenes).** Representa la cantidad de luz que emite la lámpara.

3. **La potencia (W).** Es la potencia eléctrica que demanda la lámpara para brindar el flujo luminoso.

4. **Eficacia lumínica (lúmenes/ Watt).** Este valor se obtiene de la etiqueta de eficiencia energética, al dividir los lúmenes entre los Watts mostrados. Este es el factor más importante para el ahorro de energía durante la operación de la lámpara.

5. **El factor de potencia (PF).** Se refiere al aprovechamiento energético que una lámpara LED hace de la electricidad que le llega, se mide en una escala del 0 al 1 y representa la fracción de energía consumida que se convierte en iluminación. Normalmente las lámparas LED tienen un PF mayor de 0,8 siendo un factor gravitante en el ahorro de energía respecto a otras lámparas.

6. **Cumplimiento de normas de fabricación y estándares de calidad.** Entre ellas la Certificación UL (Underwriters Laboratory) o Factory

Mutual (FM) que certifican la calidad de los componentes de fabricación de la lámpara. Cumplimiento de normas técnicas internacionales, de la Unión Europea Módulos LED para alumbrado general. Requisitos de seguridad. UNE EN 62031; Norma Oficial Mexicana NOM-030-ENER-2012, Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (LED) integradas para iluminación general, límites y métodos de prueba.

7. **La temperatura (ºK).** Este factor indica el color de la luz que emite la lámpara LED; dependiendo de la temperatura, se cuenta con luz amarilla (2700ºK) o blanca (6000ºK). Las temperaturas más utilizadas en la iluminación suelen ser los 2700ºK en hogares, los 3000ºK para oficinas y 4000ºK para industrias y almacenes. Las bombillas con temperatura de 6500º K son las que arrojan una luz comparable a la luz del día y suele ser común en hospitales o grandes fábricas. Existe una tabla que se puede pedir a la hora de comprar un dispositivo para conocer detalladamente el color que proporcionará la bombilla en cuestión.

8. **El índice cromático (CRI o Ra).** El CRI indica porcentualmente la calidad y fiabilidad de la luz que emite la lámpara en comparación con su luz natural. Está indicado en una escala entre el 0 al 100, donde 100 es la luz y el color natural. Por ejemplo, un CRI de 90 o 100 nos asegura unos resultados excelentes, respetando la viveza y brillo de los colores naturales.

Para tener una iluminación adecuada a la actividad que se ejerce en el ambiente a iluminar, tener en cuenta el concepto de iluminancia.

9. **La Iluminancia (lux= lúmen/ m^2).** Mide la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. Según el tipo de actividad hay una iluminancia recomendada (lux). En Perú la iluminancia recomendada está especificada en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), tópico III.4 Instalaciones Eléctrica y Mecánicas, Norma EM.010. Tabla de Iluminancias para Ambientes al Interior.[15]

La determinación de la iluminancia es el primer paso que debe dar el usuario para determinar el número de lámparas LEDs que se necesitará en una instalación en base al área a iluminar (m^2) y al flujo luminoso que ofrecen las lámparas LEDs en el mercado.

Los fabricantes de luminarias LED deberán proporcionar en forma clara, concisa, realista y normalizada, las características y parámetros técnicos de sus luminarias, posibilitando la comparación entre productos de diferentes fabricantes:

Los diodos emisores de luz (LED) no tienen filamentos u otras partes mecánicas sujetas a roturas o fallas, por lo que su vida útil es mucho mayor, alcanzando una duración de hasta 50 mil horas. Las lámparas y luminarias LED no contienen mercurio, no producen radiación infrarroja, ni

15 http://www.construccion.org.pe/normas/rne2011/rne2006/files/titulo3/04_EM/RNE2006_EM_010.pdf

contaminación lumínica, la mayoría de sus componentes son reciclables: La iluminación LED es mucho más brillante y nítida que la tecnología fluorescente u halógena, posee un encendido inmediato y no presenta variaciones en la intensidad de la iluminación.

La lámparas LEDs se diferencian por la cantidad que leds (diodos emisores de luz) que contienen, desde 3 hasta series de 20.Igualmente por el material del que están fabricados los leds, el que un LED emita más luz depende de la cantidad de material activo (material que convierte la electricidad en fotones) que se haya utilizado. Según tenga más o menos el precio de la lámpara LED se encarece. Para evitar usar leds de alta densidad, que son más caros, algunos fabricantes incluyen 12, 20 o más leds en sus lámparas de calidad inferior, lo que acarrea a futuro problemas al usuario, pues al estar colocados en serie los leds, al fallar uno fallarán los siguientes por lo que la vida de la lámpara se reduce. Es recomendable adquirir las lámparas LEDs de fabricantes conocidos.

11.6 Especificaciones técnicas para motores eléctricos de alta eficiencia

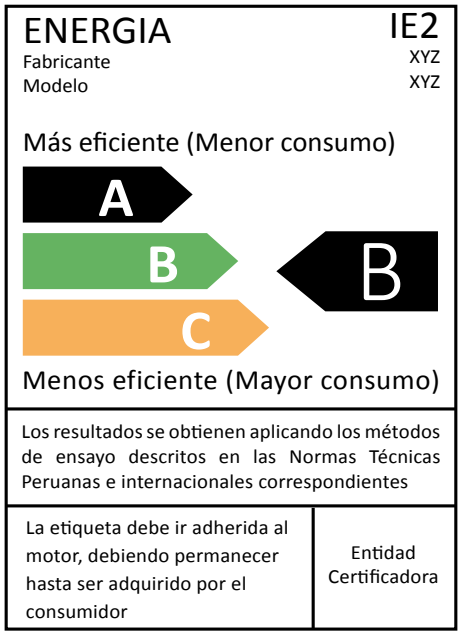
Los motores de alta eficiencia y de calificación Premium debido a sus menores pérdidas funcionan a temperatura más baja que los motores equivalentes de eficiencia estándar. Ello redunda en una vida más larga del aislamiento y del lubricante, y en menos tiempo improductivo. Asimismo, por su diseño específico, tienen la capacidad de tolerar mayores variaciones de voltaje y, de ser necesario, mayores temperaturas ambiente. Un beneficio adicional es que, al generarse menor calor residual en el espacio que rodea al motor, se reducen las necesidades de ventilación.

Al adquirir un motor de alta eficiencia o de eficiencia Premium tener en cuenta no solo la alta eficiencia, sino que el motor además debe cumplir con la velocidad de rotación (RPM), el torque nominal requerido del motor, cumplir con el torque de arranque, la calificación NEMA A,B, C, D. Según la función del motor en el proceso, la corriente de arranque y el factor de servicio, el ambiente de trabajo.
Las características y especificaciones técnicas a tener en cuenta en la elección de un motor eléctrico de alta eficiencia para garantizar los ahorros en energía y en costos, son las siguientes:

1. **Etiqueta de eficiencia energética.** Los motores eléctricos deben tener una etiqueta de eficiencia energética pegada en el cuerpo o en el embalaje y el catálogo. El objetivo es que el comprador tenga la información relevante sobre la demanda de potencia y consumos de energía para una decisión técnico económica de su adquisición.

   En la Figura N°32 se aprecia un modelo de etiquetas de eficiencia energética para los motores eléctricos.

Figura N° 32.
Modelo de etiqueta de eficiencia energética para motores eléctricos



2. **Cumplimiento de normas de fabricación y estándares de calidad.** Entre ellas la Certificación UL (Underwriters Laboratory) o Factory Mutual (FM) que certifican la calidad de los componentes de fabricación del motor.

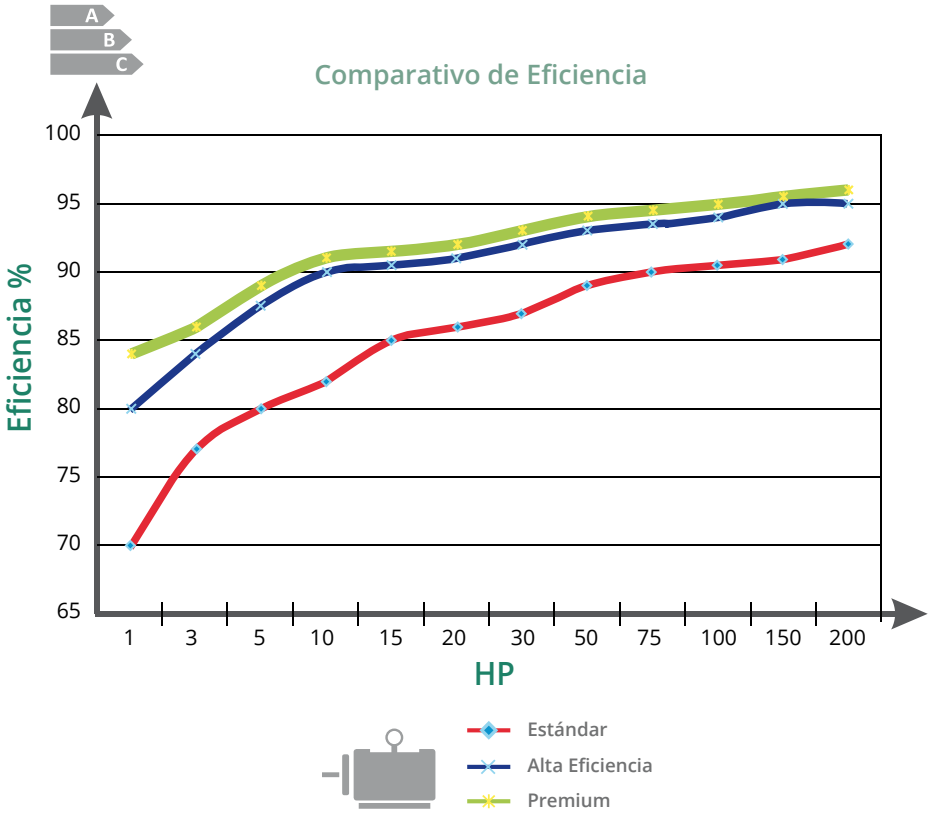
Figura N° 33.
Motor eléctrico de alta eficiencia con certificados de calidad de componentes

El hecho de que un motor eléctrico tenga una eficiencia mayor significa que se disminuye los costos de operación del motor y se puede recuperar la inversión adicional en un tiempo razonable, sobre todo si se opera a una carga cercana a la potencia nominal. Los motores de alta eficiencia poseen generalmente un menor deslizamiento (mayor velocidad de operación) que los motores de eficiencia

estándar, debido a los cambios que se producen en los parámetros del motor. Los motores de alta eficiencia son normalmente más robustos y mejor construidos que los motores estándar, lo que traduce en menores gastos en mantenimiento y mayor periodo de vida útil.

En la Figura N° 34 se presenta un gráfico comparativo de eficiencias de motores, en el que por ejemplo se aprecia para motores con potencias mayores a 100 HP, eficiencias del orden de 91 % para motores estándar y mayores a 95 % para motores Premium.

Figura N° 34.
Gráfico comparativo de eficiencia de motores



Fuente: Programa Integral de Asistencia Técnica y Capacitación; Comisión Nacional de Energía Eléctrica, Guatemala- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica, México

A manera de ejemplo, un motor de 15 HP de eficiencia estándar de 89 %, y un motor de alta Eficiencia con una eficiencia de 92 %. La diferencia de precios puede ser aproximadamente 30 %. Para un uso de 16 horas diarias durante todo el año la diferencia se puede pagar en un periodo menor a 15 meses. A partir de ese momento, el uso del motor de alta eficiencia generará ahorro para la empresa.

PERÚ Ministerio de Energía y Minas

Dirección General de Eficiencia Energética
Av. Las Artes Sur 260 San Borja. Lima - Perú
Teléfono (+511) 4111100
webmaster@minem.gob.pe