

Domina tu Energía con Vatia: Manual de Eficiencia Energética





vatiA



Juntos podemos implementar estrategias que mejoren el uso de energía en tus proyectos, sistemas y equipos.

En esta guía te mostraremos diferentes oportunidades para mejorar el uso de los recursos e implementar acciones que contribuyan a mejorar la eficiencia energética en tu empresa.

1.

Para tener en cuenta:

Diccionario Energético

Antes de adentrarnos en el tema, es fundamental que conozcas los conceptos clave para entender la eficiencia energética:

USEn:

Uso significativo de energía, son todos esos equipos que tienen un consumo energético intensivo y hacen parte del **20%** de los equipos que consumen el **80%** de la energía.

Eficiencia:

La eficiencia se refiere a la capacidad de realizar una tarea, proceso o actividad de manera óptima, maximizando el uso de los recursos disponibles y minimizando las pérdidas o desperdicios.

Consumo energético:

El consumo energético se refiere a la cantidad de energía que se utiliza para llevar a cabo diversas actividades humanas, ya sea a nivel individual, residencial, comercial, industrial o a escala de todo un país. Este consumo de energía puede provenir de diversas fuentes, como la electricidad, el gas natural, el petróleo, el carbón, las energías renovables, entre otras.

Eficiencia energética:

Se refiere a la relación entre la cantidad de energía utilizada para realizar una determinada tarea o actividad y los resultados obtenidos. Una mayor eficiencia energética implica obtener los mismos resultados con menos consumo de energía, reduciendo así el desperdicio y los costos asociados.

ISO 50.001:

La norma ISO 50001 es un estándar internacional que establece los requisitos para implementar un sistema de gestión de la energía.

(SGE) en una organización. Fue desarrollada por la Organización Internacional de Normalización.

(ISO) con el objetivo de ayudar a las organizaciones a mejorar su desempeño energético, reducir los costos y las emisiones de gases de efecto invernadero, y promover la sostenibilidad en el uso de la energía.

OPM (Oportunidad de mejora):

Se refiere a cualquier acción o cambio que puede realizarse para reducir el consumo de energía y mejorar la eficiencia en el uso de los recursos energéticos.

GEE (Gestión Eficiente de la Energía):

Es un proceso que implica planificar, implementar y monitorear acciones destinadas a optimizar el uso de la energía en una organización con el objetivo principal es reducir el consumo de energía y minimizar el desperdicio, al tiempo que se busca mejorar el desempeño energético y la sostenibilidad.

MCE (Mantenimiento centrado en la eficiencia):

Es una estrategia específica dentro del ámbito del mantenimiento que se enfoca en maximizar la eficiencia en el uso de la energía en los sistemas y equipos con el objetivo principal es reducir el consumo de energía y optimizar el rendimiento de los activos, lo que puede resultar en ahorros significativos en costos energéticos y en la disminución de la huella de carbono.

A continuación, repasaremos los conceptos de preauditoria y auditoria energética como punto de partida en los procesos de mejoramiento continuo.



2. Nuestro punto de partida

Preauditoria y Auditoria Energética.

Primero, entendamos qué es y en qué consiste una Preauditoria:

La preauditoria energética consiste en el primer acercamiento real que tiene una organización a la hora de avanzar en la gestión energética, se diferencia de la auditoria energética en su concepción, alcance y resultados.

Su propósito principal es recopilar información preliminar sobre el consumo de energía, identificar áreas potenciales de mejora y evaluar la viabilidad de una auditoria energética completa.

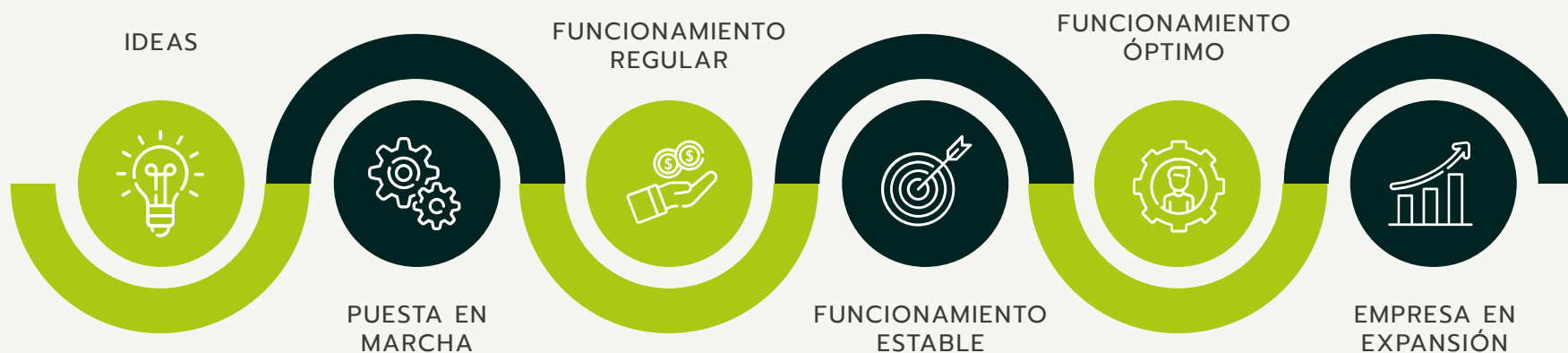
¿Cuál es su nivel de análisis?

Suele ser menos detallada que una auditoría energética completa. Se centra en recopilar datos básicos y en identificar áreas generales de oportunidad sin profundizar demasiado en el análisis.

Se utilizan herramientas de diagnóstico cualitativo que permiten saber el nivel o estado de medición de la empresa u organización y determinar si se encuentra preparada o es significativo una auditoría energética como lo muestra la siguiente tabla:

ESTADO DE MEDICIÓN	CRITERIO	CLASIFICACIÓN
NIVEL 1	No cuenta con mediciones	Insuficiente
NIVEL 2	Cuenta con medición de áreas	Aceptable
NIVEL 3	Cuenta con medición en USEn	Satisfactorio

Te proporciona una visión general de las posibles áreas de mejora y ayuda a determinar si una auditoría energética completa es necesaria o justificada.



3.

Conoce qué es una Auditoría Energética

Es un análisis exhaustivo y detallado del consumo de energía de una instalación o sistema, se caracteriza por:

- Desarrollo de líneas bases y líneas metas.
- Determinación de indicadores energéticos.
- Análisis de indicadores de tendencia.

Los anteriores indicadores permiten evaluar el desempeño energético.

¿Cuál es su nivel de análisis?

Es un proceso más detallado que implica:

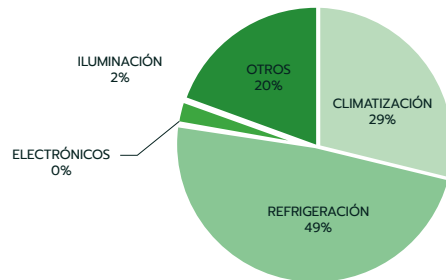
- Recopilación y análisis exhaustivo y estadístico de datos energéticos
- Análisis Mediciones in situ
- Inspección de equipos y sistemas
- Modelado energético para evaluar el rendimiento y las posibles mejoras.

Por ejemplo, si consideramos estudiar un proceso típico, como lo es la producción de cereales, se analizan:



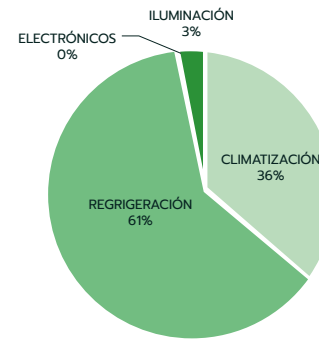
Analicemos el siguiente ejemplo, **Un centro comercial:**

MATRIZ ENERGÉTICA GLOBAL



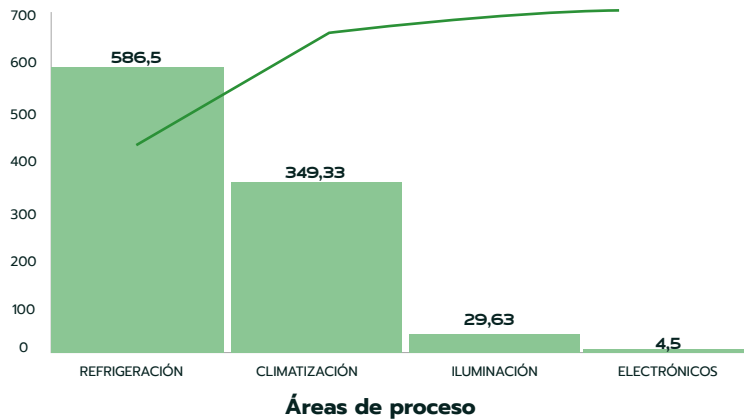
Matriz energética típica de un centro comercial en la cuál se observan los principales usos energéticos. Así se puede saber como se encuentra distribuido el consumo energético en la empresa u organización.

MATRIZ ENERGÉTICA DE PROCESO



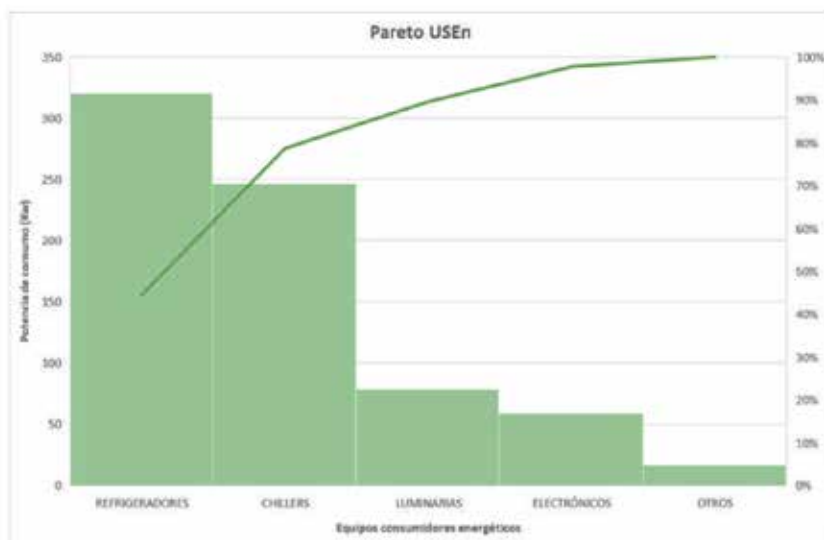
Matriz energética, considerando solo los usos energéticos asociados al proceso productivo en un centro comercial. Así se identifica como impacta cada uso energético el proceso productivo.

Pareto de mayores área consumidoras



Pareto por áreas para identificar las zonas con mayor intensidad de consumo

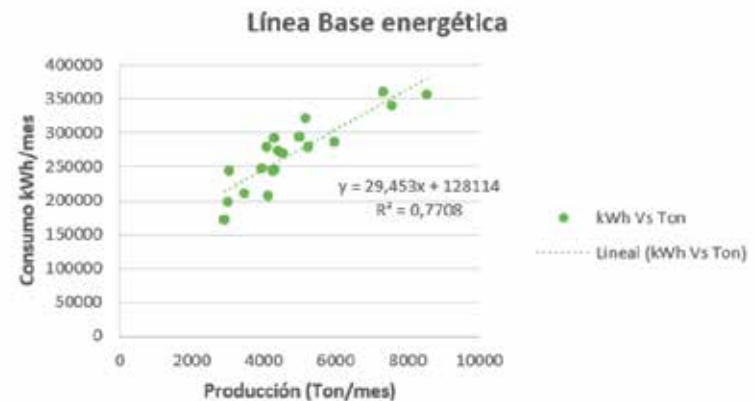
Jerarquización de zonas de mayor consumo energético en un centro comercial, según la métrica del diagrama de Pareto se pueden determinar el 20% de las áreas que consumen el 80% de la energía. Así se conocen las áreas más importantes para evaluarlas energéticamente.



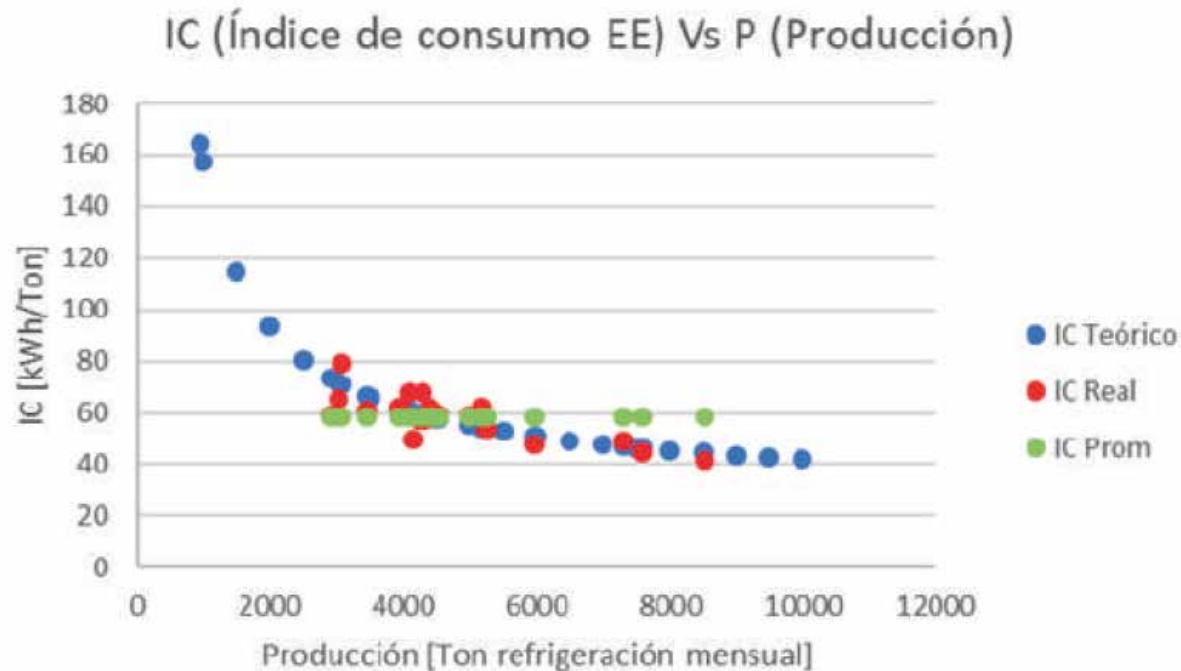
Pareto por equipos para identificar los USEn, el 20% de los equipos que consumen el 80% de la energía. Diagramas de energía, producción vs tiempo para detectar irregularidades en el consumo energético e identificar las causas Línea base.



Pareto por equipos para identificar los USEn, el 20% de los equipos que consumen el 80% de la energía Diagramas de energía, producción vs tiempo para detectar irregularidades en el consumo energético e identificar las causas Línea base.



Elaboración de la línea base energética. Sirve para linealizar los datos de energía y producción permitiendo analizar la dependencia del consumo energético respecto a la producción de la empresa. Para el centro comercial, nos permite analizar la tendencia de las toneladas de frío vs las toneladas de alimento a refrigerar. Un R2 más cercano a la unidad nos indica mayor dependencia del consumo energético respecto a las ton refrigeración o producción.



Esta gráfica de gestión de la producción nos permite evaluar el desempeño energético en función de la producción. La curva azul es la tendencia teórica, los datos rojos son los datos reales energético productivos de la empresa y los verdes los datos energético productivos promedios, al aumentar la producción notamos como disminuye el consumo de energía pasando de 60 kWh/Ton a 40kWh/Ton.

En este punto hay capacidad de establecer potenciales de ahorro más precisos a través del desarrollo de líneas bases y líneas metas, indicadores energéticos con sus respectivos planes de acción.



¿Qué datos se incluyen en el informe posterior a la auditoría?

Se entregan recomendaciones específicas y detalladas para mejorar la eficiencia energética. Se consolida un plan de acción que incluye medidas prácticas para reducir el consumo de energía, reducir la huella de carbono y optimizar el rendimiento de los equipos y sistemas, e implementar tecnologías más eficientes.

...Y ¿Cuándo es conveniente realizar una preauditoria y una auditoria energética?

Es recomendable realizar una preauditoria cuando desees gestionar de manera más eficiente tu consumo energético y obtener una visión general de cómo utilizas la energía y en qué cantidad. Además, es útil para determinar si llevar a cabo una auditoría energética completa será provechoso o significativo para tu situación.

Por otro lado, realizar una auditoría energética es recomendable cuando deseas cumplir con requisitos regulatorios o de certificación, aumentar el reconocimiento de marca entre los clientes al demostrar un compromiso con la reducción de la huella ecológica y contribuir a la sostenibilidad ambiental. También es útil cuando buscas ser más eficiente y, en consecuencia, más competitivo en el mercado.

4 ACCIONES CLAVE

Para mejorar la eficiencia energética en tu empresa.



Control Operacional



Gestión de la producción



Cambio tecnológico o equipos



Integración de energías renovables

4.

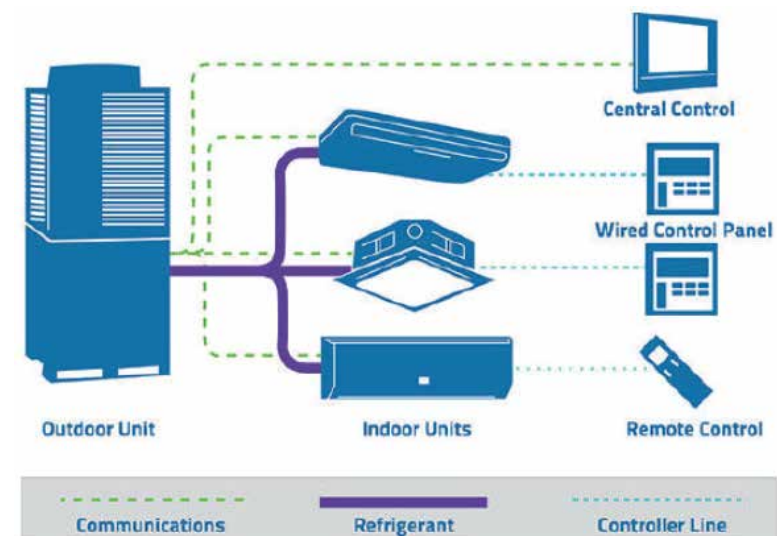
¿Cómo lograr ser eficiente energéticamente En el sector comercial?

Según el DANE y el Ministerio de Minas y Energía de Colombia el sector comercial y de servicios consume alrededor del 20% de la matriz energética en Colombia.

Las medidas y oportunidades de mejora son variadas al igual que sus potenciales de ahorro energético y acondicionamiento de aire. Debido a las múltiples cargas térmicas tanto vivas como estáticas, muy representativas de este sector cobra gran importancia la implementación de:

VRF (Variable refrigerant Flow), Flujo de refrigerante variable:

Sistema que proporciona calefacción y refrigeración, debido a la capacidad de variar el flujo de refrigerante según la carga térmica de cada área son más eficientes que los acondicionadores de aire convencionales, permitiendo ahorros energéticos entre un 20% y 40%. Recomendado para sustituir múltiples acondicionadores de aire o minisplit presentes en almacenes, bodegas, centros comerciales donde existen demandas variables de climatización.



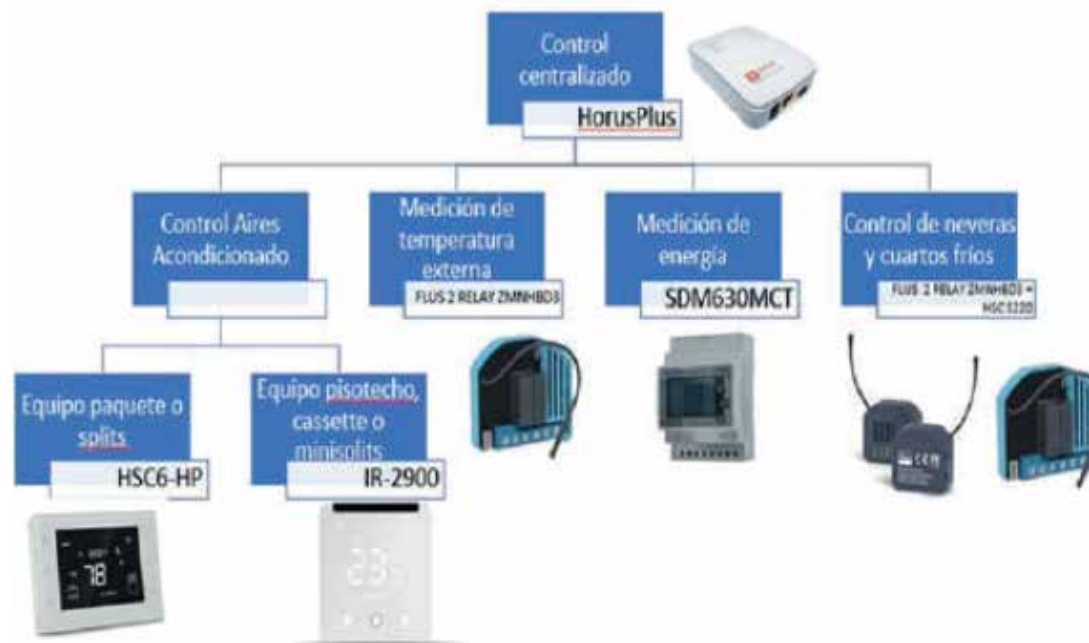
Cambio a iluminación LED:

El uso de este tipo de tecnología para la iluminación en lugar de las bombillas tradicionales incandescentes supone un ahorro en el consumo de un **70%**

Ejemplo: reemplazo de halógenos de 53W (equivalente a una incandescente de 75W) con una vida útil de 1.000 horas, por LED de 10W con una vida útil de 50.000h operando 9h/día

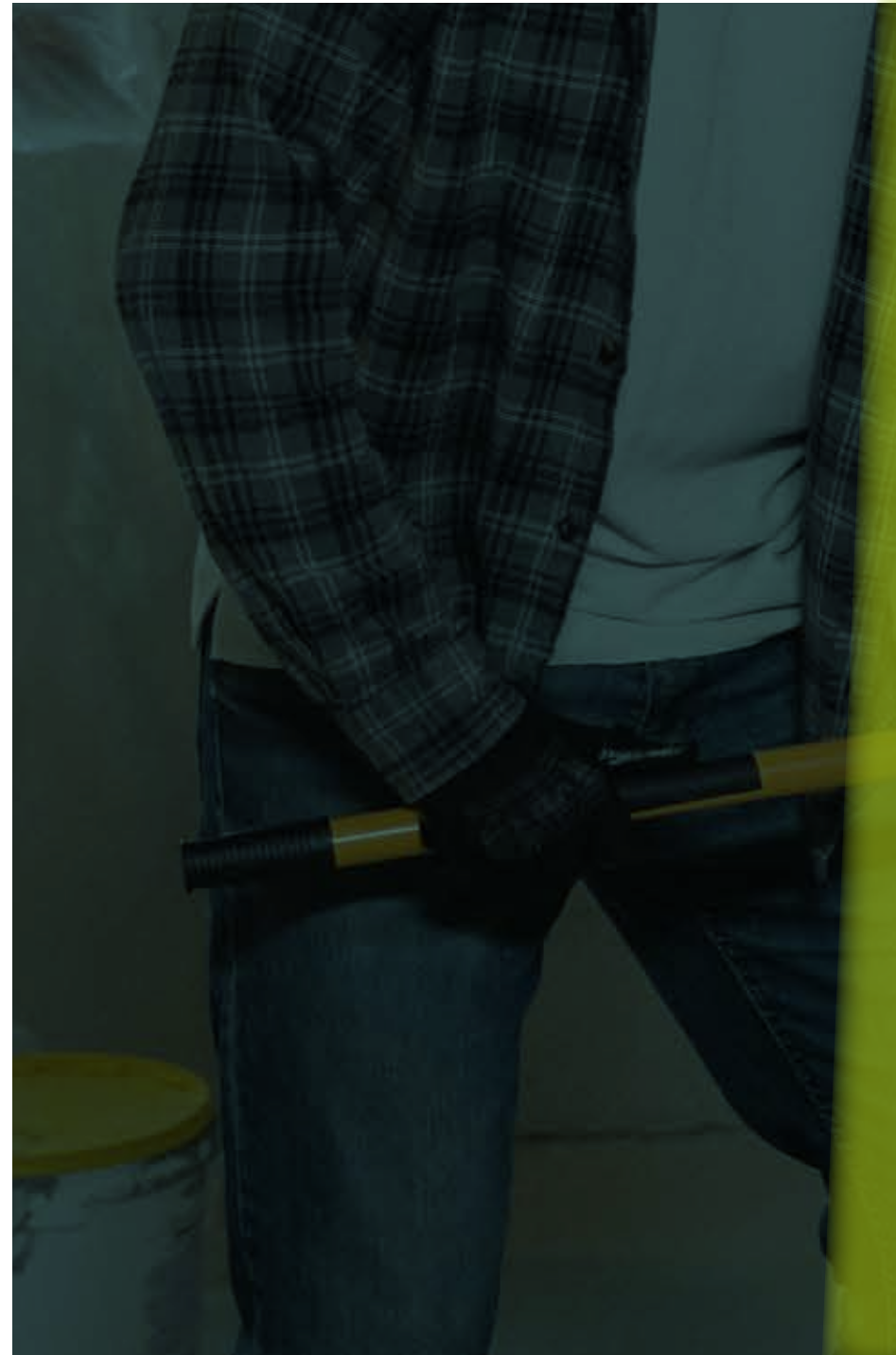
Inmótica:

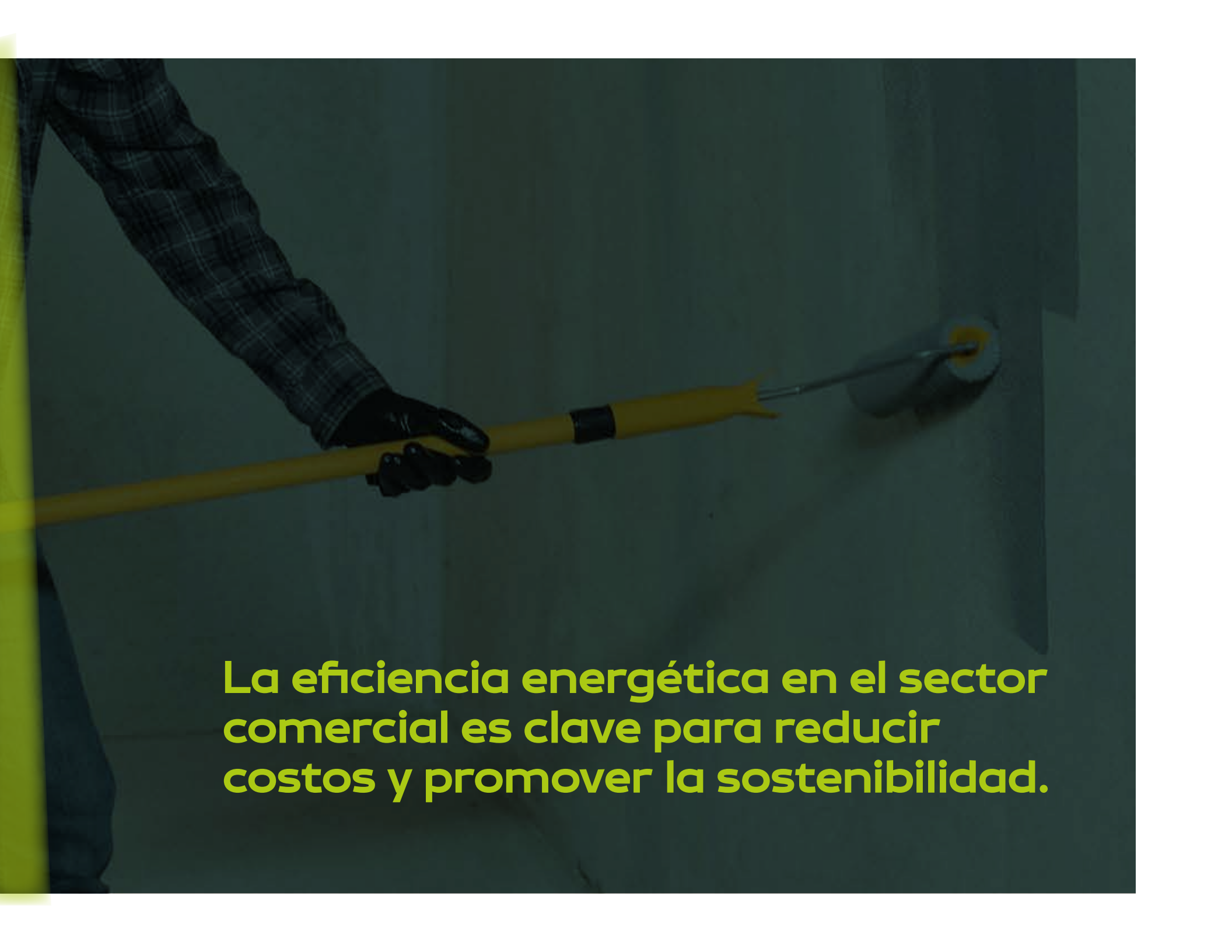
La implementación de la inmótica (automatización y control inteligente de edificios) en sistemas de acondicionamiento de aire e iluminación puede mejorar significativamente la eficiencia operativa de estos sistemas, proporcionando beneficios en términos de ahorro de energía, comodidad del usuario y mantenimiento. La anterior ilustración corresponde a la arquitectura de control del sistema de control de acondicionamiento de aire e iluminación que permite ahorros energéticos sobre el consumo de HVAC hasta un **20% y 40%**.



Pintura térmica: Usando esta pintura sobre la superficie de tus instalaciones expuestas al sol, podrás ahorrar de tu consumo energético hasta un **30%**.

- ✓ Posee un coeficiente de conductividad térmica () de 0,056 W/mK de acuerdo a la Norma UNE 92202: 1989 de materiales aislantes térmicos.
- ✓ Anti humedades por condensación
- ✓ Previene el moho
- ✓ Reduce el ruido exterior
- ✓ Es ecológica
- ✓ No se quema ni se inflama
- ✓ Ahorra hasta un 40% de calefacción y aire acondicionado.
- ✓ No solo genera aislación por conducción, sino que además por radiación. Bloquea el 96% de la carga calórica al impedir que los rayos UV, infrarrojos y luz visible ingresen a la superficie donde se aplique.



A person wearing a plaid shirt and black gloves is using a yellow-handled roller to paint a wall. The roller is covered in white paint, and a fresh stroke of white paint is visible on the wall. The background is a plain, light-colored wall.

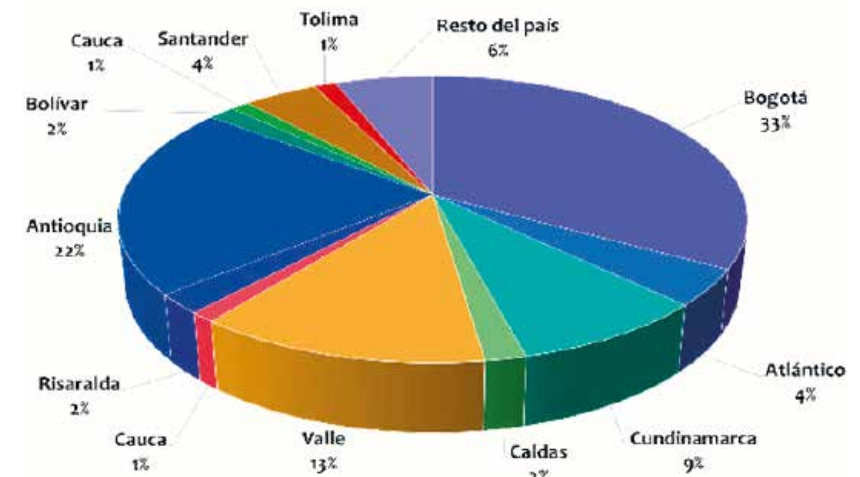
La eficiencia energética en el sector comercial es clave para reducir costos y promover la sostenibilidad.

5.

Revolucionemos la Energía: Innovaciones y Eficiencia en el Sector Industrial.

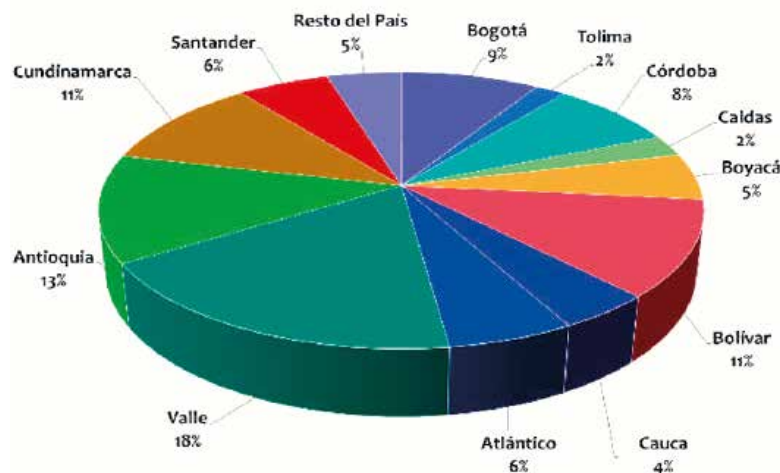
Según la clasificación del CIIU, el sector Industrial Manufacturero del país está comprendido entre los códigos del 10 al 31, el cual incluye los subsectores de la Industria manufacturera.

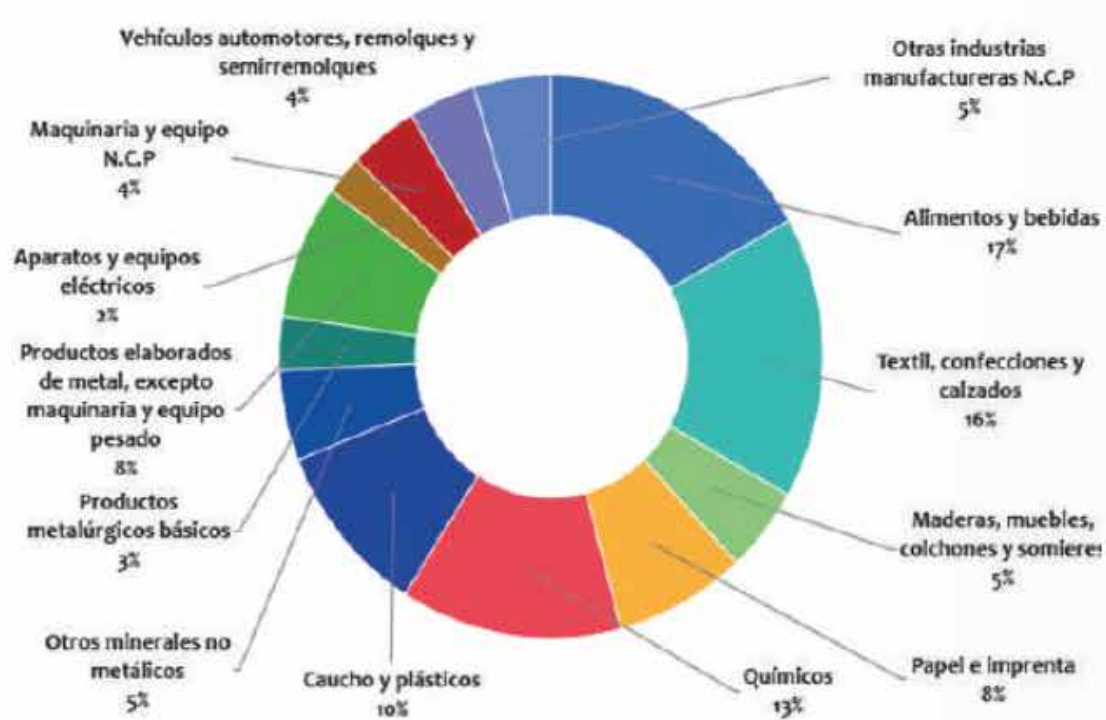
La siguiente gráfica muestra la distribución por departamentos de las 7.631 empresas que se encuentran registradas en el país hasta el año 2019 según informa el DANE.



Esta gráfica muestra el consumo energético del sector industria por departamento.

El sector industrial Colombiano consume casi el **22%** de la energía que se produce en el país.





El gráfico anterior muestra la participación energética por actividad industrial. Los potenciales de mejora más importantes en este sector son:

Instalaciones eléctricas: Las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, puestas a tierra y protecciones posibilitan un ahorro del consumo energético de un 0,58%

Refrigeración: reemplazo de ventiladores en cabinas ¿Sabías que el ahorro ofrecido por esta modificación tecnológica es de hasta un asombroso 84% respecto al consumo que tiene un ventilador con tecnología Permanent Split Capacitor (PSC)? Es de fácil operación, menores costes operativos y menos ruidosos.

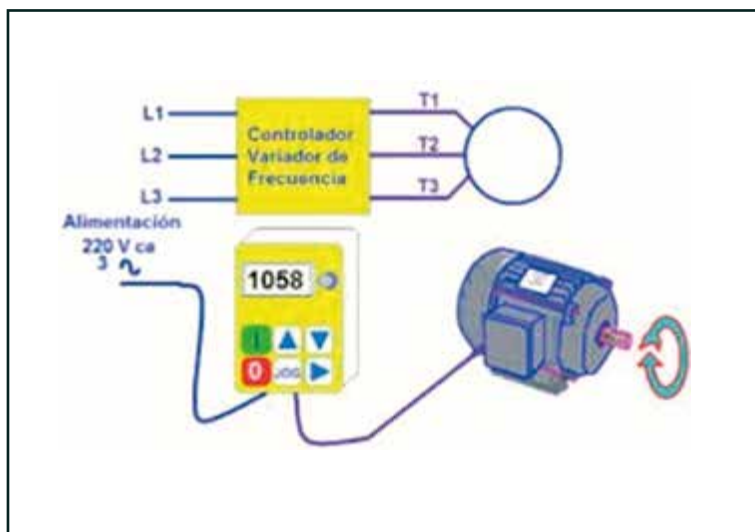


Nivel de tensión: Sabías que accediendo a un nivel más alto de tensión (por ejemplo, de nivel 1 a nivel 2) puedes aspirar a una mejor tarifa energética, representando ahorros que van desde un **10%** hasta un **20%** sobre el monto total de tu factura.

Resolución CREG 015 de 2018 se definen los requisitos necesarios para realizar la migración de nivel de tensión en usuarios existentes.

Fuerza motriz: La sustitución de motores viejos o sobredimensionados por motores de alta eficiencia, nos permite acceder a ahorros de hasta un **20%**

Los motores viejos tienen pérdidas energéticas considerables, fuertemente impactados por los desbalances del voltaje, la variación del voltaje y cada vez que han sido rebobinados pierden alrededor de un 1,5% de eficiencia.



VFD (Variadores de frecuencia): Sabías que estos dispositivos que aprovechan las leyes de afinidad encuentran gran versatilidad en los procesos de regulación mecánicos, como por ejemplo válvulas de regulación de flujo o presión, siendo mucho más eficientes, permitiendo ahorros hasta de un **30%**

Calor directo: Buenas prácticas en la carga, operación, control automatizado y mantenimiento de hornos se accede a ahorros un 1,92%

Calor indirecto: Las buenas prácticas en operación y mantenimiento de sistemas de calentamiento indirecto permiten mantener ahorros del 1,12%

Recuperación de calor: Con quemadores modulares y sistema de control automático, minimiza el consumo de combustible, obteniendo ahorros de un 10%

Aires acondicionados centrales: Evita consumos excesivos e innecesarios con una módica inversión. A través de la instalación de arrancadores suaves en tus dispositivos o equipos de gran potencia. Podrás obtener ahorros energéticos hasta de un 25%



- ✓ Ideal para instalaciones existentes debido a su bajo costo
- ✓ Arranque y paradas frecuentes de cargas
- ✓ Ciclos discontinuos de trabajo alternando periodos en carga, con otros a baja carga o en vacío.
- ✓ Requiere menor inversión que la sustitución del motor
- ✓ Ideal para motores de alta potencia

Aislamiento de tuberías: El Aislamiento térmico mejora la eficiencia energética de las tuberías, reduciendo las pérdidas de calor y las emisiones de CO2.

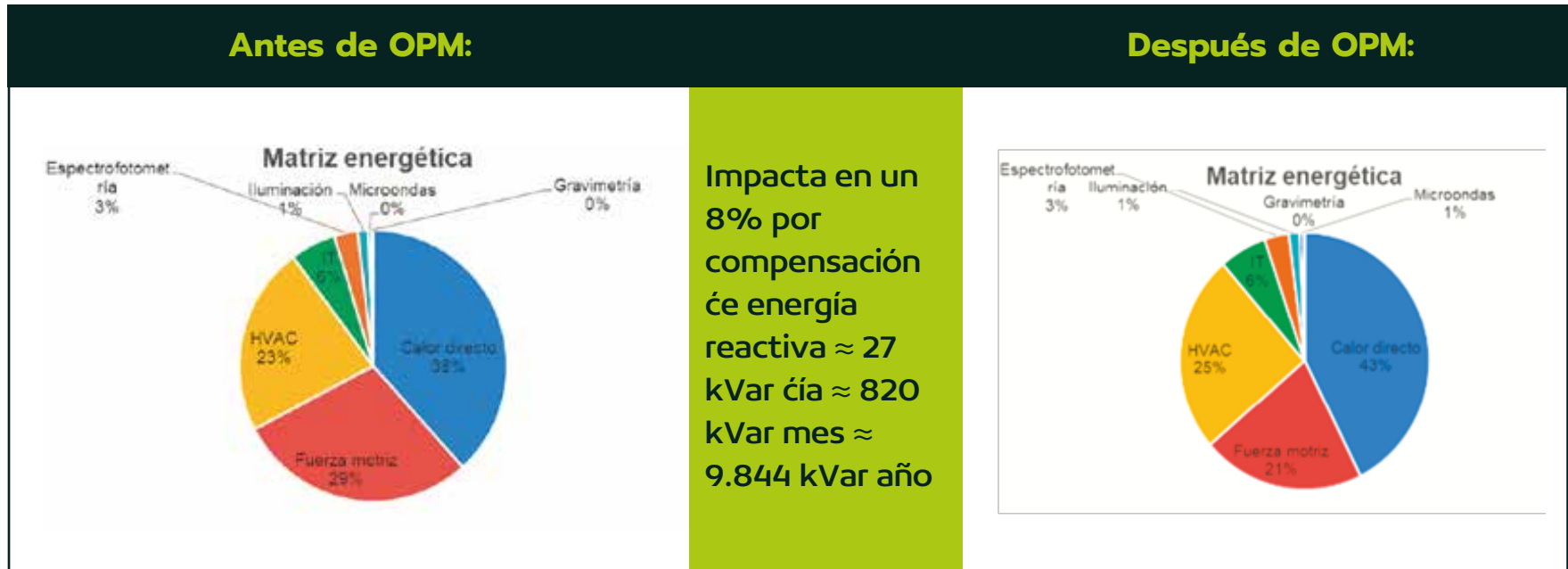
Esta medida supone un ahorro de entre un 2% y un 4% sobre el consumo energético.



Aires acondicionados centrales: Son más eficientes debido a mejoras en las características de sus elementos permitiendo un COP y SEER más alto. El potencial de ahorro en esta medida es hasta un 60%



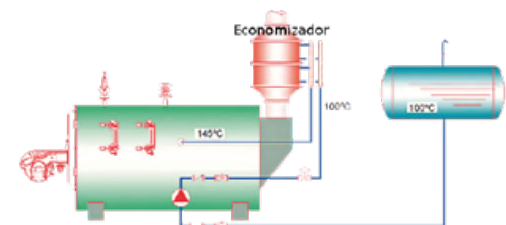
Banco de condensadores: Mejorando la calidad de la energía controlando el exceso de energía reactiva, evitamos pérdidas energéticas y mejoramos la eficiencia del sistema obteniendo ahorros energéticos hasta un **20%**

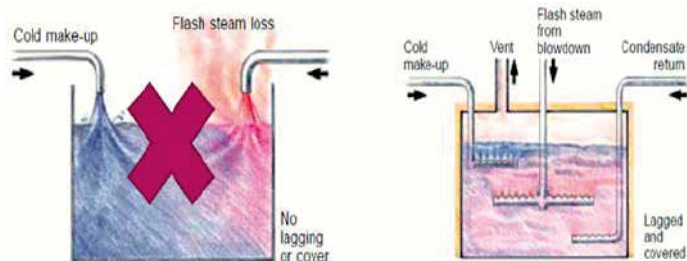


Compresores de refrigeración: instalación de equipos más eficientes instalando compresores scroll para el enfriamiento de procesos industriales (p.ej. Procesos lácteos) obtienes ahorros entre un **(15-20) %**



Economizador en calderas: Con la instalación de un economizador en las calderas, puedes aprovechar parte de la energía que se pierde por los gases de chimenea permitiendo calentar el agua de alimentación aprovechando hasta un **5%**





Desaireador en calderas: Con la instalación de un desaireador en calderas de vapor, puedes aprovechar la energía térmica del vapor flash y condensados que al entrar en contacto con el agua de alimentación de caldera, disminuyen la solubilidad del aire en la misma, mejorando la eficiencia térmica aprovechando hasta un 3% de la energía.

Purgas de superficie:

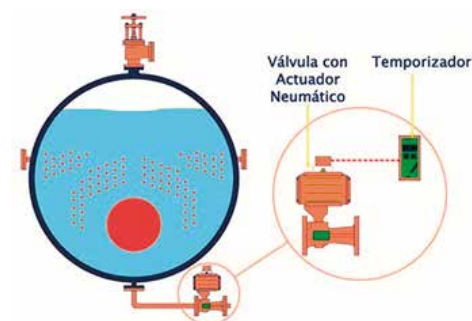
Con la instalación de unas purgas automatizadas en calderas de vapor, evitas la pérdida energética por exceso de purgas manteniendo estable los niveles de SDT.

- ✓ Dureza
- ✓ Alcalinidad
- ✓ Carbonatos
- ✓ Cloruros
- ✓ Sulfitos
- ✓ Nitritos

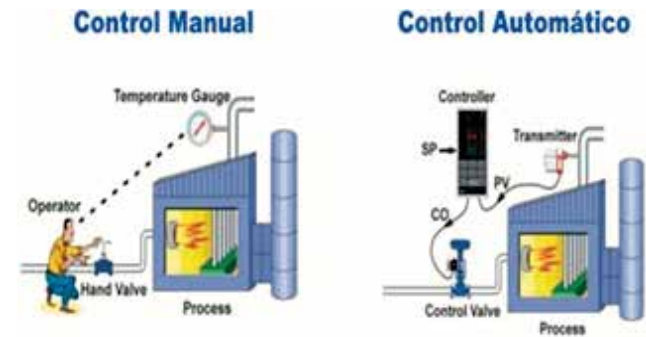
Lo cual permite a su vez mantener los ciclos de concentración idóneos en la caldera, mejorando la eficiencia térmica aprovechando hasta un 5%-15% de la energía.

Purgas de fondo: Con la automatización de las purgas de fondo en las calderas, puedes aprovechar parte de la energía y agua que se pierde por tiempos prolongados de purgado.

Evitando la acumulación de lodos sin despresurizar la caldera posibilitando ahorros energéticos entre un 5%-20%



Sistema de control de combustión de la caldera: ¿Sabías que las mejoras en los procesos de combustión, así como su automatización son una importante medida de ahorro energético? La mejora en la reacción de combustión de estos equipos representa un rubro importante de dinero. Esta medida representa un ahorro del consumo de combustible en un **2%**



Gestión de la producción: Mejorando tus procesos a través de la eliminación de cargas no productivas y tiempos muertos y alcanzando producción e índice de consumo crítico puedes lograr ahorros energéticos entre **(10-25) %**

Balance de cargas: ¿Sabías que puedes ahorrar hasta en un **10%** de tu consumo energético equilibrando las cargas eléctricas?

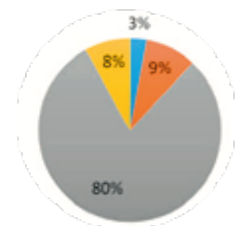
Aire comprimido: los compresores son del tipo de máquinas más ineficientes, es por eso que reducir fugas en el sistema de distribución, controlar las variables que afectan su eficiencia impacta decisivamente en el desempeño energético en los procesos donde están involucrados.

De la gráfica se observa que la energía es el costo más significativo en la producción del aire comprimido, de tal forma que se justifica cualquier inversión para mejorar el sistema, ya sea cambiando el compresor para mejorar su eficiencia o comprando los periféricos adecuados para mejorar el sistema.

- Control de fugas entre el **20%** y el **30%**
- Reguladores de presión en las salidas entre **5%** y **10%**
- Toma de aire de admisión en el compresor **1%** por cada 4 grados de diferencia de temperatura

Costos del aire comprimido

- Mantenimiento
- Capital
- Energía
- Agua



A man with grey hair and glasses, wearing a white hard hat and a dark suit, is looking at a tablet held by a woman. The woman has dark hair and is wearing a yellow hard hat and a dark blue shirt. They are in a server room with large computer racks in the background. The image has a green and yellow color overlay.

vatiA

PRIMEROS, DESPUÉS DE TI

6.

Oportunidades De Eficiencia Energética Sector Residencial

Colectores solares: La cantidad de energía que se puede ahorrar mediante el uso de colectores solares para calentar agua depende de varios factores, como el tamaño y la eficiencia del sistema, la cantidad de agua caliente que se necesita, el clima local y la orientación e inclinación de los paneles solares.

Estos sistemas de calefacción de agua tienen un potencial de ahorro sobre el uso energético desde un **50%** hasta un **80%**

Por ejemplo, en la matriz energética del consumo global de un edificio como la siguiente:

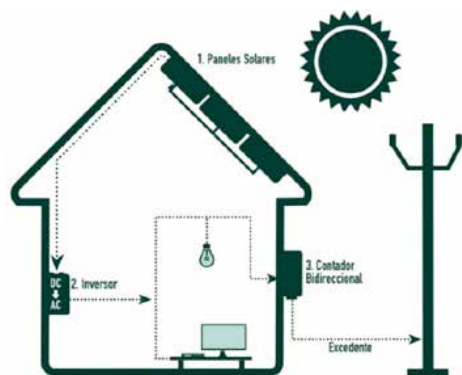


Al implementar la OPM, la matriz energética se modifica. Asumiendo ahorro del **50%** sobre la porción de **HVAC** (Heating, ventilation and air conditioning), y un ahorro del **80%** sobre ese **50%**.

Se observa una reducción del consumo global respecto a HVAC del **9%**.

Sensores de ocupación: ¿Tenías conocimiento que esta sencilla medida de baja inversión inicial supone un ahorro en el consumo energético por habitación en un formidable **5%**?

Paneles solares: las energías renovables hoy día son fundamentales para la sostenibilidad ambiental del planeta, entre ellas la energía solar es una de las que mayor auge ha tomado, la instalación de paneles solares tiene un potencial de ahorro energético muy importante que según el área e irradiación solar disponible pueden obtenerse ahorros energéticos que van desde un **30%** hasta un **100%** del consumo energético de una vivienda u otro tipo de instalaciones



Por ejemplo:

Un sistema de 22 kWp, con:

- ✓ 38 paneles de 580 W
- ✓ Rendimiento del 80%

Puede tener una producción anual de energía de 38 MWh y para un establecimiento que cuente con un promedio de consumo mensual de 4.000 kWh, podría tener un ahorro 3.200 kWh-mes equivalentes a \$4'600.000, representando un potencial de ahorro del 80% aproximadamente

7.

Oportunidades De Eficiencia Energética Sector Minero

Capacitación: la implementación de la ISO 50001 en industrias permite la mejora sistemática de la gestión energética de la organización, consiguiendo una reducción del consumo. La implementación de este certificado certifica un ahorro de hasta **10%** sobre el consumo energético anterior

Buenas prácticas de operación y mantenimiento de hornos: Operar y mantener hornos de manera eficiente y segura es fundamental para garantizar la productividad, la calidad del producto y la seguridad de los trabajadores. Permite ahorros de **1,28%** sobre el uso energético o combustible.

Buenas prácticas en fuerza motriz: las buenas prácticas en la compra, instalación, operación y mantenimiento de los sistemas de fuerza motriz permiten un ahorro de **1,92%**

Agua pluvial: recolectar y almacenar agua de lluvia para su uso en lavado de vehículos, riego u otros fines no potables. Puede reducir el consumo de agua potable y la energía asociada con su tratamiento y bombeo





8.

Oportunidades De Eficiencia Energética Sector Transporte

Cambio tecnológico: migración de vehículos impulsados por motores de combustión interna hacia vehículos híbridos o eléctricos

Gestión de la carga: un TMS (sistema de gestión del transporte), que a veces se conoce como solución de gestión del transporte o software de gestión del transporte, proporciona visibilidad de las operaciones de transporte diarias, información y documentación de normativa comercial y garantiza la entrega oportuna de carga y mercancías.



Mantenimiento centrado en la eficiencia energética (MCEE): consiste en monitorear las pérdidas energéticas en los equipos y realizar la intervención correctiva cuando el costo de la sumatoria de dichas pérdidas sea equivalente a los costos de mano de obra y materiales.

A continuación, algunos TIPS que te permitirán identificar tus oportunidades como cliente

Oportunidades De Mejora O Eficiencia	Ahorro	Tips
Purgas de fondo	(5-20)%	Automatiza tus purgas de fondo y no enviarás más dinero por el drenaje y evitarás despresurizaciones costosas
Purgas de superficie	(5-15)%	Automatiza tus purgas de superficie y mantén tus ciclos de concentración idóneos sin gastar más
Monitoreo inteligente de consumo energético	(5-15)%	(SCADA, Internet de las cosas IoT, etc) monitoreo y control remoto del consumo energético identificando áreas de mejora en tiempo real
Colectores solares	(50-80)%	¿Calientas grandes masas de agua en tus procesos? Con esta tecnología aprovecharás la energía del astro rey ahorrando dinero
Inmótica	(30-40)%	Para tener mejor control de los sistemas de acondicionamiento de aire, iluminación y accesibilidad de manera remota
Paneles solares	(30-100)%	¿Cuentas en tu localidad con buenas horas solares pico? Son la mejor opción para liberarte del consumo de la energía de la red.
VRF (Flujo variable de refrigerante)	(20-40)%	Cuando necesites refrigerar, climatizar y calefaccionar distintas áreas con demanda térmica variables
Pintura térmica	(20-40)%	Úsala cuando quieras un aislante térmico versátil y fácil de aplicar
Compresores de refrigeración	(15-20)%	¡Cuando tengas procesos de enfriamiento y tu compresor no tenga tecnología scroll, revisalo! conviene cambiarlos
Control del aire comprimido	(10-40)%	Revisa pérdidas por fugas, temperaturas en la succión y reguladores de presión, evitando trabajo en vacío
Gestión de la producción	(10-25)%	Optimiza tu régimen de producción y tu consumo energético se reducirá al máximo
Gestión de la carga	(10-20)%	Monitoreo satelital inteligente, te permitirá optimizar consumo de combustible y dinero en el transporte de cargas
Refrigeración, cambio ventiladores en cabina	84%	Cambia estos componentes y renovarás completamente tu equipo sin gastos cuantiosos
Iluminación LED	70%	Cuando tengas luminarias obsoletas
Aires acondicionados centrales	60%	Con uno solo de estos equipos puedes reemplazar varias toneladas de refrigeración a un mejor precio
Variadores de frecuencia VFD	30%	Optimiza tus procesos sustituyendo los controles de regulación mecánicos por variadores de frecuencia

9.

Mantenimiento de Los MEI

Los MEI o Motores eléctricos de inducción.

El mantenimiento son todas las actividades que desarrollamos tendientes a evitar fallas o averías en los equipos o instalaciones con la finalidad de mantenerlos operativos. En este sentido los tipos más reconocidos son el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.

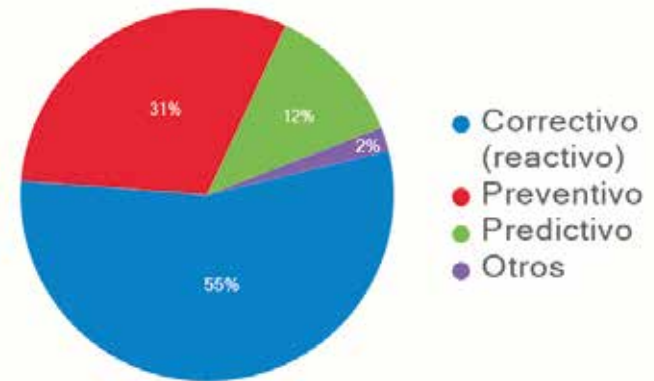
El mantenimiento predictivo es aquel que emplea herramientas de análisis de datos y técnicas con la finalidad de identificar anomalías en el futuro tanto en los equipos, como en los procesos o instalaciones de modo que puedan intervenir antes que ocurra la falla y evitar pérdidas.

El mantenimiento preventivo consiste en la realización de unas acciones previamente programadas de manera regular para evitar fallas futuras en equipos, procesos o instalaciones.

El mantenimiento correctivo son todas aquellas tareas técnicas tendientes a corregir las fallas presentadas por un equipo, dichas intervenciones tienen por objeto retornar el equipo a su funcionamiento inicial.



Para los MEI, por sus siglas, es decir, (Motores eléctricos de inducción), la matriz de mantenimiento se distribuye de la siguiente forma:

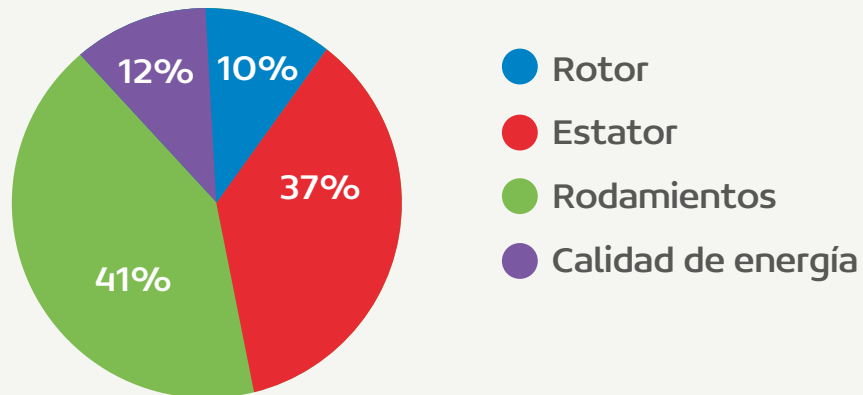


En la siguiente tabla se desglosan las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de mantenimiento:

TIPO DE MANTENIMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mantenimiento Preventivo	✓ Incrementa la vida útil de componentes ✓ Reducción en tiempos muertos por fallas	✓ Labor intensiva ✓ Potencial de daño de componentes en buen estado
Mantenimiento Correctivo	✓ Bajo costo ✓ Poco personal	✓ Costo final mayor por paradas de proceso ✓ Uso ineficaz del personal de mantenimiento
Mantenimiento Predictivo	✓ Permite programar acciones preventivas ✓ Reducción e costos en compra de repuestos y mano de obra	✓ Altas inversiones en tecnologías de diagnóstico como softwares especializados ✓ Altas inversiones en capacitación de personal

Zonas De Fallas En Los Mei

En la operación típica de los motores eléctricos existen diferentes causas y áreas en las cuáles se presentan averías y se pueden relacionar en la siguiente matriz



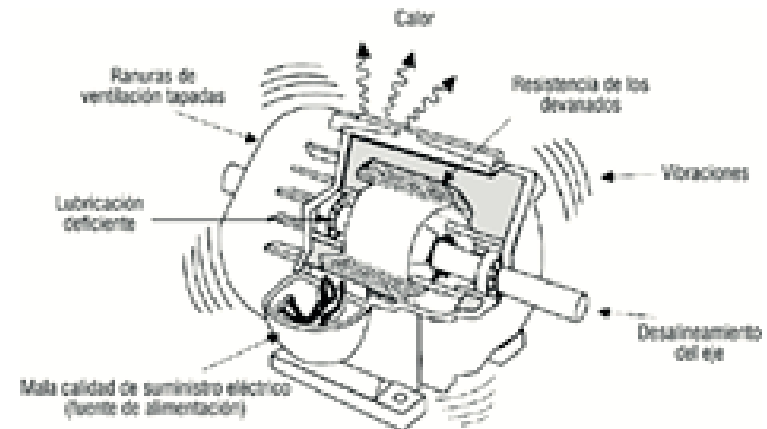
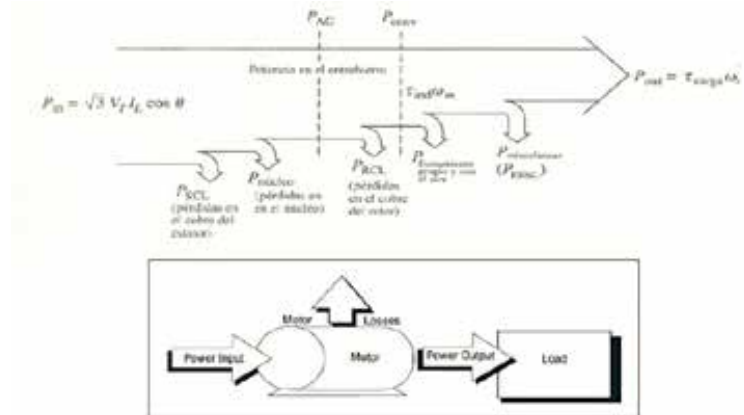
Como podemos observar las fallas más habituales se encuentran distribuidas de la siguiente forma: un 12% se presentan por calidad de la energía, un 10% en el rotor y los mayores porcentajes de fallas ocurren en el estator y los rodamientos con un 37% y 41% respectivamente.



ZONA DE FALLA	SITIO DE FALLAS	DESVENTAJAS
Calidad de la energía	✓ Armónicos ✓ Desbalance de voltaje (Máximo se recomienda un desbalance de voltaje del 1%) ✓ Variación de voltaje	✓ Aumentan la vibración del motor ✓ Reduce eficiencia y vida útil de la máquina ✓ Aumenta el ruido ✓ Se reduce el torque de la máquina por las componentes de secuencia negativa ✓ Cuando los voltajes de alimentación del motor están por encima o por debajo del valor nominal en +/- 10% afectan considerablemente la eficiencia del mismo
Rotor	✓ Fallas más comunes ✓ Rotura de barras ✓ Excentricidad estática ✓ Excentricidad dinámica	✓ La rotura produce un mayor calentamiento del motor, pérdidas por corrientes parásitas y pérdida de la eficiencia mecánica porque se produce un desequilibrio en la distribución de la corriente eléctrica en el motor ✓ Produce un mayor calentamiento, aumento de las pérdidas mecánicas por un desequilibrio en la distribución ✓ De la masa del motor, reducción de la eficiencia del flujo magnético al causar variaciones entre la distancia del rotor y el estator ✓ Similar a la excentricidad estática hay pérdidas por corrientes parásitas, pérdidas mecánicas adicionales, calentamiento y un desgaste acelerado
Estator	✓ Falla más común corto entre vueltas del devanado estatórico.	✓ Reduce la habilidad de producir un campo magnético balanceado ✓ Aumento en la vibración de la máquina ✓ Degradación del aislamiento ✓ Daños a los rodamientos del motor
Rodamientos	✓ Desgaste por deslizamiento ✓ Daño por impacto ✓ Desgaste por fricción ✓ Desalineación	✓ Ruido excesivo ✓ Vibraciones anormales ✓ Calentamiento excesivo ✓ Falla prematura del motor

Motores De Alta Eficiencia Mei

Los motores eléctricos de alta eficiencia son motores diseñados con tecnología avanzada y materiales de alta calidad para maximizar la eficiencia energética y reducir el consumo de energía en aplicaciones industriales, comerciales y residenciales. Se caracterizan por un diseño optimizado, bobinado de alta calidad, tecnología de control avanzada, menor pérdida de hierro, mejoras en la ventilación, mejoras en el núcleo y atienden al cumplimiento de estándares de eficiencia como los estipulados en la certificación NEMA (Asociación nacional de fabricantes eléctricos) en Estados Unidos o la norma IEC (Comisión electrotécnica) en Europa.



El siguiente diagrama ilustra las pérdidas energéticas que tienen lugar en estos equipos en relación con la energía útil o aprovechable, es decir, la potencia de salida:

La siguiente ecuación se refiere a la eficiencia energética de un MEI:

$$\eta = \frac{P_{sal}(Mecánica)}{P_{in}(Eléctrica)}$$

La anterior expresión matemática nos ilustra que la eficiencia energética es la relación entre la potencia de salida mecánica con respecto a la potencia de entrada eléctrica en el equipo.

Algunas generalidades de los motores eléctricos son:

- Utilizan 2/3 de la energía eléctrica en industrias La operación del primer año de un motor con alto factor de carga puede costar 10 veces más que su costo inicial.
En promedio de ciclo de vida, la energía es aproximadamente el 95% del costo
- total de un motor.

Tipos de Motores:

Motores AC síncronos. Del uno al dos por ciento del total de motores utilizados típicamente para operaciones de mucha potencia (kW) y de bajas velocidades

Motores DC Buenos para el control preciso de velocidad y alto par no muy eficientes, considerable mantenimiento.

Motores DC de nueva tecnología. Sin escobillas, conmutados electrónicamente son más eficientes en tamaños pequeños

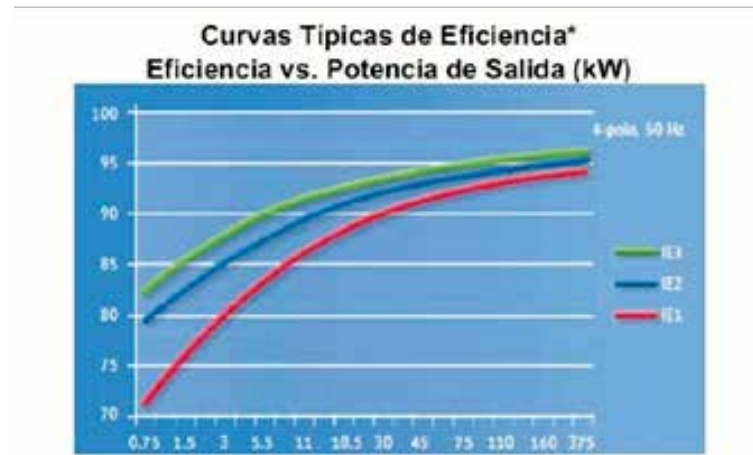
Motores de inducción AC No requieren conmutadores o campos excitados por separado.

Factor de potencia ($\cos \phi$) atrasado La mayoría trabaja con potencia monofásica o trifásica.

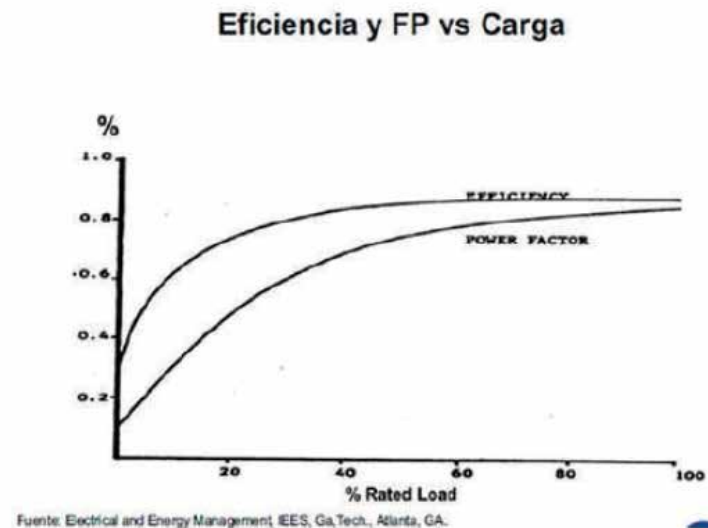
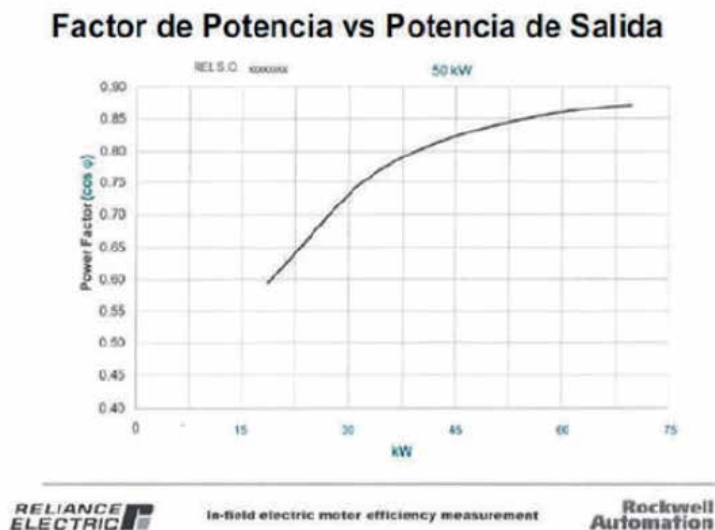
Muchos tipos diferentes ODP (Open drip proof), ó TEFC (Totally enclosed fan cooled), etc.

Datos de placa de motor

Cada motor tiene una placa que muestra información sensible sobre su operación y diseño. A continuación, se relacionan las curvas de operación de estos motores:



Se aprecia como aquellos motores con denominación IE3 tienen una curva de desempeño mejor en relación a las demás denominaciones.



Términos de eficiencia de motores y su evolución:

- ▶ IE1: Eficiencia estándar: motores utilizados antes de la década de 1990
- ▶ IE2: Eficiencia alta: eficiente energéticamente, requerido para compra de motores nuevos en EE.UU. a partir de finales de 1997
- ▶ IE3: Eficiencia Premium (requerido en EE.UU. para compra de motores nuevos a partir de 2010)
- ▶ EC y NEMA: miden la eficiencia de forma diferente. Las eficiencias son similares, pero no iguales.
- ▶ Eficiencia nominal: Eficiencia promedio obtenida al probar un grupo representativo de motores.
- ▶ Eficiencia mínima, garantizada o mínimo garantizada: Sirven para tomar en cuenta las variaciones en el grupo (población) permitiendo pérdidas de hasta el 20% más que el nominal



Las anteriores denominaciones se muestran de manera comparativa en la siguiente ilustración:

Comparación de Clases de Eficiencia de los Motores



*Electric Motors and Variable Speed Drives, CEMEP, European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics, p. 6, February, 2011, www.CEMEP.org, date visited 4/9/13

Como podemos apreciar que la denominación NEMA le corresponde el puesto más alto de ranking por tener la mejor eficiencia energética. La siguiente tabla muestra las eficiencias de los motores a 50 Hz

Eficiencias de Motores a 50 Hz*

P _N kW	IE1 40 Hz				IE2 40 Hz				IE3 40 Hz			
	0.75	1.5	3.0	7.5	0.75	1.5	3.0	7.5	0.75	1.5	3.0	7.5
0.37	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
0.55	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
0.75	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
1.1	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
1.5	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
2.2	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
3.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
4.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
5.5	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
7.5	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
11	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
15	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
22	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
30	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
40	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
55	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
75	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
110	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
150	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
200	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
250	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
315	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
375	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
450	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
560	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
630	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
710	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
800	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
900	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
1000	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0

*Electric Motors and Variable Speed Drives, CEMEP, European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics, p. 7, February, 2011, www.CEMEP.org, date visited 4/9/13

Eficiencias de Motores a 60 Hz*

P _N kW	IE1 40 Hz				IE2 40 Hz				IE3 40 Hz			
	0.75	1.5	3.0	7.5	0.75	1.5	3.0	7.5	0.75	1.5	3.0	7.5
0.37	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
0.55	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
0.75	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
1.1	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
1.5	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
2.2	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
3.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
4.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
5.5	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
7.5	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
11	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
15	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
22	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
30	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
40	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
55	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
75	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
110	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
150	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
200	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
250	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
315	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
375	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
450	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
560	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
630	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
710	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
800	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
900	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
1000	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0

*Electric Motors and Variable Speed Drives, CEMEP, European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics, p. 7, February, 2011, www.CEMEP.org, date visited 4/9/13

Gestión Energética Y Selección De Motores

La gestión energética de motores de inducción eléctrico consta de tres actividades fundamentales:

- Redimensionamiento de motores
- Sustitución de motores
- Automatización de sistemas

La gestión energética de los motores eléctricos no siempre es una tarea sencilla por varios factores, entre los cuales están:

- La carga real impulsada por los sistemas suele desconocerse
- Es complicado determinar con precisión el porcentaje de carga por medio de mediciones
- La gestión de motores eléctricos suele estar llena de imprevistos
- Los ahorros suelen ser cuantiosos

Los motores eléctricos de inducción de alta eficiencia se caracterizan por:

- Ser más eficientes, frecuentemente como mejor factor de potencia

- Ahorran energía y reducen la demanda
- Reducen la carga en cableado de alimentación y transformadores, etc.
- Velocidad ligeramente más alta
- Corriente de arranque mayor.

Tips para mejorar la eficiencia de MCI

- Supervise cuidadosamente el cambio a motores de alta eficiencia en aplicaciones de centrifugación
- Tener en cuenta que a mayor velocidad requerida:
 - Más volumen desplazado (más trabajo)
 - Más potencia demandada (elevada al cubo)
- Considerar que a menor velocidad
 - Igual o menor volumen
 - Potencia demandada reducida
 - Conviene supervisar también otras áreas como compresores de tornillo
 - Cuide también las corrientes de motor bloqueado (LRA) e interruptores de corriente

Cálculo de ahorro en motores eléctricos de inducción de alta eficiencia

A continuación, se desarrolla un ejemplo en el cual se muestra el cálculo del potencial de ahorro en motores eléctricos de inducción al hacer un cambio tecnológico e implementar la sustitución de un MEI de eficiencia estándar por un MEI de alta eficiencia.

El ahorro energético global esta expresado por la siguiente ecuación:

$$\text{Ahorro de potencia} = kW_e = \left[\left(\frac{kWNom * FC}{\eta} \right) \right]_{E.Est\acute{a}ndar} - \left[\left(\frac{kWNom * FC}{\eta} \right) \right]_{E.Alta}$$

Donde FC = Factor de Carga



Datos de planta:

- La planta cuenta con un motor de 60 Kw para una bomba que opera con un factor de carga anual del **75%**.
- El motor actual tiene una eficiencia del **85%** y opera 5000 horas cada año
- El nuevo motor de 60 kW tiene una eficiencia del **93%**
- El costo del nuevo motor de alta eficiencia es de USD \$1.929,42.



Despejando, se tiene que:

$$A = kW_{nom} * FC * C * N * \left[\left(\frac{100\%}{E_a} - \frac{100\%}{E_b} \right) \right]$$

Procediendo a calcular, se tiene:

$$A = kW_{nom} * FC * C * N * \left[\left(\frac{100\%}{E_a} - \frac{100\%}{E_b} \right) \right]$$

$$A = 60 * 0,75 * 0,1 * 5000 * \left[\left(\frac{100\%}{85} - \frac{100\%}{93} \right) \right]$$

$$A = 45 * 0,75 * 0,1 * 5000 * 0,1012$$

$$A = \frac{\$2.277,03}{año}$$

Análisis económico del motor

El ahorro es de **\$2.277,03**

El costo es de **USD \$1.929,42**

$$SPP = \frac{\$1.929,42}{(\$2.277,03/año)}$$

$$SPP = \frac{\$1.929,42}{(\$2.277,03/año)}$$

$$SPP = 0,84 \text{ años}$$

El periodo de retorno simple SPP por sus siglas en inglés (Simple Payback Period) es igual a **0,84 años o 10 meses**

Donde A = Ahorros anuales (\$) en el uso de la energía

kW_{nom} = kW nominales (Dato de placa)

C = Costo de la energía eléctrica \$0,1 /kWh

N = Horas de operación por año

E_a = Eficiencia del motor estándar

E_b = Eficiencia del motor de alta eficiencia

FC = Factor de carga del motor

Beneficios de Motores Premium CEE y NEMA

Ahorros anuales por seleccionar motores premium en lugar de eficiencia estándar			
kW	Motores de Eficiencia Estándar		Ahorros anuales por utilizar motores de eficiencia premium, \$
	EPACT EE Eficiencia de carga completa, %	CEE PE Eficiencia de carga completa, %	
7.5	89.5	91.7	60
18.7	91.7	93.6	124
37.5	93.0	94.5	191
74.6	94.1	95.4	324
149.2	95.0	95.8	393

Nota: Basado en un motor ODP de 1,800 RPM, operado 8,000 horas por año, carga al 75%, y una tarifa eléctrica de \$0.05/kWh

