

Resumen MTD Energéticas

Identificación y cálculo de Medidas de Mejora de Eficiencia Energética (MMEE)

La identificación de oportunidades de MMEE es la última fase de un diagnóstico energético, de la cual se obtiene como resultado se obtiene un listado de acciones a implementar para la reducción de consumos de energía. Las fases anteriores consisten en el levantamiento de datos y la contabilidad energética (conteo de equipos y cuantos consume cada uno)

1. Selección de MMEE

Las MMEE son un conjunto de acciones que permiten tanto disminuir el consumo de energía reduciendo su uso innecesario como optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios realmente obtenidos, es decir, que la energía se utilice de la mejor manera posible (utilizar poco para generar mucho). Se deben siempre concentrar los esfuerzos en priorizar la implementación de las medidas que con poca inversión/esfuerzo, consigan el mayor impacto/ahorro.

Las medidas se pueden clasificar en 3 principales desde mayor a menor costo de implementación:

- Recambio tecnológico \$\$\$
- Medida de Gestión \$\$
- Adopción de Hábitos de Uso Responsable \$

Dadas las condiciones de la complejidad de la implementación de cada medida, siempre se sugiere partir por las que tienen que ver con la adopción de hábitos de uso responsable y las medidas de gestión, dejando para proyectos futuros más complejos el *recambio tecnológico*¹.

2. Cálculo del desempeño y el ahorro energético

• **Desempeño energético:** es el ahorro de energía (medido en kWh) que se conseguiría con la implementación de una medida determinada. Si el ahorro se consigue mediante la reducción de la potencia, el cálculo del desempeño energético se obtiene multiplicando la diferencia entre la potencia inicial antes de aplicar la medida y la final después de aplicarla por el tiempo:

$$\text{Desempeño energético (kWh)} = (\text{Potencia}_{\text{inicial}}(W) - \text{Potencia}_{\text{final}}(W)) \times \text{Tiempo (h)}$$

¹ Con la inversión y el ahorro económico del desempeño energético se calculará el Periodo de Retorno Simple (PRS) con el que podremos comparar la *rentabilidad* de las medidas entre sí.

Si el ahorro se consigue mediante la reducción del tiempo de uso, el cálculo del ahorro energético se obtiene multiplicando la potencia por la reducción de tiempo lograda:

$$\text{Desempeño}_{\text{energético}}(\text{kWh}) = \text{Potencia (W)} \times (\text{Tiempo}_{\text{inicial}}(\text{h}) - \text{Tiempo}_{\text{final}}(\text{h}))$$

- **Ahorro económico:** consiste en describir en unidades monetarias (CLP, peso chileno) en lo que se traduce el ahorro de energía conseguido con dicha medida de ahorro.

$$\text{Ahorro}_{\text{económico}}(\text{CLP}) = \text{Desempeño}_{\text{energético}}(\text{kWh}) \times \text{Precio}_{\text{suministro}}(\text{CLP/kWh})$$

- **Inversión:** cuantifica el costo monetario necesario para la implementación de dicha medida de ahorro.

$$\text{Inversión (CLP)} = N^{\circ} \text{ equipos} \times (\text{Precio}_{\text{equipo}}(\text{CLP}) + \text{Precio}_{\text{instalación}}(\text{CLP}))$$

- **Periodo de retorno simple (PRS):** calcula el tiempo necesario para amortizar la inversión asociada con cada medida de ahorro propuesta.

$$\text{PRS (años)} = \text{Inversión (CLP)} / \text{Ahorro}_{\text{económico}}(\text{CLP})$$

3. MMEE en iluminación

Conceptos básicos

- **Detectores de presencia:** dispositivo encargado de conectar la iluminación cuando detecta la presencia de una persona en ese espacio.
- **Interruptores temporizados:** interruptor que, al pulsarlo, conecta en este caso la iluminación y está programado para apagarse de manera automática tras un tiempo establecido.
- **Célula fotoeléctrica:** dispositivo que, al detectar la luz natural, hace que la iluminación se mantenga apagada.
- **Dimmer:** dispositivo usado para regular el voltaje de una o varias ampollas.

Descripción de las MMEE en iluminación

Medidas de Recambio

1. Sustituir ampollas incandescentes convencionales por ampollas ahorradoras: entre otras sustituciones comunes, se encuentran:

- Ampollas incandescentes de 40 W por ampollas ahorradoras de 8 W.
- Ampollas incandescentes de 60 W por ampollas ahorradoras de 15 W.
- Ampollas incandescentes de 100 W por ampollas ahorradoras de 20 W.

2. Sustituir halógenos convencionales por halógenos eficientes: recientemente se han creado los llamados halógenos eficientes, con las mismas características de los comunes y que consume un 60% respecto a las anteriores (50 W aproximadamente).

3. Sustituir ampollas fluorescentes convencionales por ampollas fluorescentes eficientes: los fluorescentes tipos T10, T8 y T5 de última generación conservan el mismo nivel de

iluminación (misma cantidad de lúmenes) pero emplean una menor cantidad de energía, con la ventaja de que no hace falta cambiar la luminaria para hacer el recambio, solo se necesita comprar una nueva ampolla.

4. Sustituir por ampollas tipo LED: la tecnología de iluminación LED es la de mayor eficiencia y por tanto, ahorra más; su vida útil es la más extensa, alcanzando las 50.000 horas de funcionamiento, además su potencia es regulable sin afectar su vida útil.

5. Sustituir balastos electromagnéticos de ampollas fluorescentes por balastos electrónicos: los nuevos balastos son una ventaja, ya que aumentan la vida útil de tubo, evitan parpadeos o efecto estroboscópico, permiten regular el nivel de iluminación, reducen el consumo, entre otros.

Medidas de Gestión

1. Reducir el número de lámparas en la sala: una vez analizado el nivel de iluminación de la sala, si este supera los niveles recomendados se proceden a eliminar algunas lámparas, reduciendo la potencia instalada y por tanto el consumo.

2. Instalar interruptores temporales en baños y detectores de presencia en pasillos y zonas de paso: el empleo de dispositivos reguladores puede conseguir un ahorro considerable en zonas de paso/uso poco frecuentadas, tales como baños, archivos o bodegas.

3. Instalar sistemas de aprovechamiento de la luz natural: Existen elementos que detectan la luz natural, como la célula fotoeléctrica, que permiten conectar la iluminación sólo cuando la luz natural no es suficiente. Además, hay otros elementos reguladores, como los balastos regulables o los dimmers que controlan la cantidad de luz que emiten las ampollas.

Adopción de Hábitos de Uso Responsable

1. Mantener las ampollas limpias: periódicamente se deben limpiar las ampollas para conservar el nivel de iluminación, ya que el polvo disminuye el nivel de iluminación de estas.

2. Eliminar los obstáculos que dificulten la iluminación eficaz: si existen obstáculos a las ampollas, el nivel de iluminación no alcanzará los niveles mínimos y será necesario instalar más potencia. Eliminando los obstáculos conservaremos los niveles de iluminación necesarios.

3. Apagar la luz al salir de la sala: se debe sensibilizar a las personas respecto a la importancia de apagar las luces siempre que se salga de un recinto.

4. Encender sólo las ampollas que se vayan a necesitar: si es posible conectar las ampollas por sectores del recinto, se encenderán sólo las que sean realmente necesarias.

5. Aprovechar, siempre que se pueda, la luz natural: para aprovechar la luz natural se recomienda abrir cortinas y persianas siempre que no se produzcan reflejos o insolación excesiva. También se deben distribuir los usos en el edificio de tal forma que los que menos tiempo requieran

tengan menos luz natural, pero los que sean usados con mayor frecuencia sean los que dispongan de más luz natural.

4. MMEE en sistemas de climatización y ACS

5.4.1 Conceptos básicos

- **Freecooling:** sistema de enfriamiento gratuito que permite enfriar el aire interior gracias a las menores temperaturas del aire exterior.
- **Válvulas termostáticas:** sirven para controlar la temperatura que emiten los elementos terminales.

5.4.2 Descripción de las MMEE en climatización y ACS

CLIMATIZACIÓN

Medidas que implican un recambio tecnológico

- 1. Cambiar la caldera por una más eficiente:** cambiando la caldera convencional por una de baja temperatura o de condensación se pueden alcanzar ahorros entre un 15 y un 60 %, por lo que su elevado costo se amortiza rápidamente. También se recomienda, siempre que sea posible, el cambio de caldera de carbón o gasóleo por caldera de gas natural.
- 2. Sustituir enfriadoras o bombas de calor:** sustituir las bombas de calor convencionales por bombas de calor de alto rendimiento, o bombas geotérmicas, con lo que puede obtenerse ahorros de un 20% en el consumo de energía.
- 3. Cambiar el quemador de la caldera:** instalar quemadores modulantes que permitan ajustar el aporte de calor de la caldera a la demanda real.
- 4. Instalar un sistema de energía solar térmica para calefacción:** un sistema de energía solar térmica permite abastecer una parte de la demanda de energía con importantes ahorros y reducciones de la contaminación.

Medidas de gestión

- 1. Instalar recuperadores de calor:** la instalación de un recuperador entálpico en las unidades de tratamiento de aire se aprovecha el calor del aire extraído para transmitirlo al aire impulsado, aumentando el rendimiento total del sistema.
- 2. Aislar conducciones:** el aislamiento de las conducciones permite evitar pérdidas térmicas al ambiente. Se trata de una medida sencilla de implementar y de bajo costo.
- 3. Realizar un mantenimiento y limpieza periódicos de los equipos de climatización:** ejercer un mantenimiento preventivo de los equipos mediante la limpieza de los filtros y garantizando el aislamiento de los mismos.
- 4. Instalar un sistema de freecooling:** se basa en utilizar la capacidad de enfriamiento del aire exterior para enfriar el aire interior de una sala. Se puede ahorrar hasta un 18% del total.

5. Controlar la temperatura de funcionamiento de las calderas: consiste en ajustar la temperatura de impulsión de calefacción en base a la temperatura exterior, especialmente en épocas climáticas suaves (primavera y otoño), cuando las necesidades de calefacción son menores y se puede reducir la temperatura del agua que va a los radiadores.

6. Instalar válvulas termostáticas: son dispositivos mecánicos que facilitan al usuario mantener las salas a una temperatura determinada, controlando de este modo, la demanda de climatización.

7. Implantar un sistema de zonificación: se divide la instalación por zonas y se controlan los equipos de climatización. Permiten obtener temperaturas diferentes para cada zona con el mismo sistema de climatización, ofreciendo ahorros de hasta el 50% de la potencia instalada, y controlar y zonificar el apagado / encendido de los equipos y el valor de temperatura, ajustando el consumo a las necesidades reales del edificio.

8. Instalar variadores de frecuencia en bombas o torres de refrigeración: se trata de dispositivos mecánicos que posibilitan al usuario mantener las salas a una temperatura determinada, controlando de este modo, la demanda de climatización.

9. Controlar el caudal de ventilación: un exceso de ventilación supone un aumento del consumo en climatización, ya que el aire nuevo que se introduce en un edificio debe tratarse. Por esta razón, lo ideal es que el caudal de aire nuevo sea el óptimo para mantener las condiciones higiénicas, a menos que se utilice el sistema freecooling. El caudal óptimo dependerá fundamentalmente de la ocupación del edificio. En los edificios cuya ocupación varíe mucho a lo largo del día resulta muy interesante que el caudal de ventilación dependa de la calidad del aire, para eso se pueden instalar sondas de dióxido de carbono.

Adopción de hábitos de uso responsable

1. Eliminar los obstáculos que tapen los elementos terminales: se debe evitar siempre cubrir con muebles los elementos terminales u otros obstáculos que bloqueen la transmisión de calor.

2. Utilizar elementos de sombra de las ventanas para aprovechar o frenar las ganancias solares: utilizando los elementos del edificio tanto para producir sombra como dejar entrar sol, de acuerdo a la temporada, se pueden aprovechar los flujos de calor entregados por el sol.

3. Regular la temperatura de acuerdo a las recomendaciones del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) (21 °C en invierno y 26 °C en verano) e informar a los usuarios: estos valores perfectamente satisfacen el estado de confort del usuario y tienen un consumo eficiente. El IDAE estima que el consumo de los equipos de enfriamiento en verano se incrementa un 8% por cada grado por debajo de los 26 °C, y un 7 % por cada grado por encima de los 21 °C en invierno.

4. Vestir adecuadamente según la época del año: llevar ropa fresca en verano y ropa de abrigo en invierno ayudará a reducir en cierta medida la demanda en climatización.

5. Evitar las pérdidas de la climatización a través de la apertura de puertas y ventanas: para conservar la climatización dentro de un recinto las puertas y ventanas deberán permanecer cerradas el mayor tiempo posible.

AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

Medidas que implican un recambio tecnológico en ACS

1. Aumentar el rendimiento de los equipos con la utilización de calderas de alta eficiencia: con el cambio de la caldera convencional por una de baja temperatura o de condensación se pueden alcanzar ahorros entre un 15 y un 60%, por lo que su elevado costo se amortiza rápidamente. También se recomienda el cambio de caldera de carbón o gasóleo a caldera de gas natural.

2. Instalar placas solares térmicas como apoyo a un sistema de caldera: un sistema de energía solar térmica permite abastecer una parte de la demanda de energía con importantes ahorros y reducciones de la contaminación.

Medidas de Gestión en Reducción de gasto energético

1. Reducir el caudal y la temperatura del agua con la implementación de dispositivos eficientes: utilización de llaves de lavamanos con pulsador, detectores de manos y perlizadores (dispositivo ahorrador de agua que mezcla el agua con aire produciendo un chorro abundante y suave, generando un ahorro de hasta un 50% de agua y energía).

2. Mejorar la aislación del sistema de distribución y almacenamiento de agua caliente sanitaria: las conducciones deberán estar bien aisladas, así como el depósito de acumulación de ACS para reducir al mínimo las pérdidas que se puedan producir por conducción. Bajo costo.

3. Fijar una adecuada temperatura en los depósitos de acumulación y la temperatura de uso: por cada grado que se ajuste la temperatura se conseguirá reducir el consumo aproximadamente un 7%. El IDAE además recomienda en la “Guía práctica sobre instalaciones individuales de calefacción y Agua Caliente Sanitaria (ACS) en edificios de viviendas” una temperatura de entre 55 y 60°C en el depósito de acumulación y si la producción es instantánea, entre 30 y 35°C.

4. Mantener una adecuada mantención y revisión de las bombas: una mantención preventiva adecuada ayudará a detectar las anomalías y reducirá las pérdidas de calor que puedan producirse por un mal funcionamiento de los equipos.

Adopción de hábitos de uso responsable

1. No desperdiciar agua caliente sanitaria: se debe tratar de usar el agua caliente que realmente sea necesaria, sin desperdiciarla y se vigilará siempre que las llaves de lavamanos y duchas permanecen bien cerradas. Además, cuando no se necesite que el agua esté caliente no se accionará la llave de lavamanos del agua caliente, evitando en muchos casos el consumo de energía.

5. MMEE Sistemas de Edificación

Conceptos básicos

- **Envolvente térmica:** se compone de los cerramientos del edificio que lo protege de las condiciones climáticas externas.
- **Burletes:** material que se instala para evitar infiltraciones por las ventanas y puertas.
- **Factor solar:** cociente entre la cantidad de energía que entra a través de un vidrio y la energía solar exterior incidente.

Descripción MMEE de edificación

Las medidas de ahorro en edificación están enfocadas principalmente a disminuir la demanda de calefacción y refrigeración. Estas medidas se pueden clasificar de la siguiente forma:

- **Reducción de la conducción:** Reducen las pérdidas asociadas al flujo térmico que se genera entre el interior y el exterior del edificio por diferencias de temperaturas.
- **Reducción de infiltraciones:** Son medidas de gestión que reducen las pérdidas asociadas a las infiltraciones de aire del exterior.
- **Reducción de radiación:** Son medidas de gestión que reducen las pérdidas asociadas a las infiltraciones de aire del exterior.

Medidas

Recambio tecnológico:

- Sustituir carpintería de puertas y ventanas: la carpintería de madera reduce el intercambio de calor con el exterior. La carpintería PVC, si bien permite mayor intercambio de calor que la madera, no conlleva gastos extra en mantención
- Sustituir ventanas de vidrio simples: sustituir ventanas de vidrio simple por termopanel. También puede ser la Instalación de una doble ventana con una cámara de aire interna.

Medidas de gestión:

- Aislar elementos de envolvente térmica: adición de poliestireno o lana de vidrio en muros y cielos, del grosor necesario en función de la zona térmica en la que se encuentre el edificio. Adición de aislamiento en pisos de una capa de aislante.
- Aislar conductos: el aislamiento se realiza normalmente con lana de vidrio. Con esto se evita pérdida de calor, corrosión y daños mecánicos. Esta medida es altamente efectiva únicamente en aquellos conductos que se encuentren en el exterior del edificio.
- Instalar burletes: tiras de un textil u otro material flexible que se coloca en el canto de las hojas de puertas o ventanas para que cierren herméticamente y evitar las infiltraciones de aire del exterior.
- Instalar cortinas de aire, puertas giratorias y cortinas blackout: Evitan que el aire caliente del interior del edificio se escape a través de ventanas y puertas.

- Aislar térmicamente fachadas y azoteas: en función de dónde se permita realizar la intervención y de monto de dinero que se quiera gastar.
- Mejorar el factor solar de superficies no opacas y ventanas: se aconseja el empleo de láminas solares adheridas a los vidrios de las ventanas, ya que son capaces de reducir la entrada de calor en el edificio hasta un 55% en verano, y reducir sus pérdidas hasta un 20% en invierno.
- Evitar la insolación directa: instalación de toldos, persianas venecianas o sombreadamientos que impidan la insolación directa sobre el edificio y por tanto la ganancia de calor durante el verano.

Hábitos de uso responsable:

- Mantener puertas y ventanas correctamente cerradas.
- Avisar a la persona responsable si algún elemento de la envolvente mencionado en los puntos anteriores no funcionan con normalidad.

6. MMEE en Equipos

Conceptos básicos

- **Variador de frecuencia:** sistema que controla la velocidad de funcionamiento de un motor a través de la variación frecuencia de la energía que alimenta al motor.
- **Consumos “vampiro”:** consumo de energía de los equipos cuando no están en funcionamiento, solo por estar enchufados.

Descripción MMEE en equipos

Se incluyen en este apartado todos aquellos elementos consumidores de energía que no se incorporan dentro de los sistemas de iluminación, climatización y ACS. El ahorro en equipos debe orientarse a reducir los factores que influyen en el consumo de energía: potencia instalada y tiempo de utilización de los equipos.

Medidas

Recambio tecnológico:

- Sustituir computadores de escritorio por notebooks
- Sustituir pantallas convencionales de computadores por pantallas LCD.
- Sustitución del ascensor eléctrico de tracción o el hidráulico por un ascensor de tracción vertical, que funciona por efecto imán con frecuencia y tensión variables, proporcionando arranque y parada suave.

Medida de gestión:

- Instalar sistemas reguladores en equipos de oficina: permiten la desconexión total de los equipos y así evitar los consumos “vampiro”. Estas pueden ser zapatillas convencionales, las cuales se conectan y desconectan de modo manual; zapatillas programables, seteadas para funcionar en cierto horario o por último, zapatillas eliminadoras del stand-by, que

detectan cuando los equipos conectados a ellas entran en stand-by, para cortarles el suministro de potencia.

- Instalar sistemas reguladores en ascensores, que detecten el ascensor óptimo a ser usado para cada solicitud.
- Incorporar elementos que aumenten el rendimiento de la instalación. Instalar variadores de frecuencia en ascensores puede reducir el máximo consumo de estos.
- Definir política de compra de equipos eficientes. Hoy existe un sistema de etiquetado que asigna a los equipos una letra de la A a la G en orden de mayor a menor eficiencia (fuente: NCh3000 Of2006).



Hábitos de uso responsable:

- Apagar los equipos cuando no se estén utilizando. En caso de computadores, debiese apagarse tanto la unidad central como la pantalla.
- Utilizar impresoras y fotocopiadoras de manera razonable. Se recomienda la impresión a doble cara y de varias páginas por hoja.
- Configurar equipos de oficina en modo ahorro.
- Evitar el uso excesivo de ascensores, eligiendo las escaleras siempre que sea posible.

7. Metodología de Medición y Verificación de MMEE

La Medición y Verificación (M&V) es un proceso que consiste en utilizar la medida para establecer de forma fiable el ahorro real generado en una instalación dentro de un programa de gestión de la energía.

Evaluar el resultado final de una MMEE mediante observaciones simples como la diferencia entre el consumo energético del año anterior y posterior a la aplicación de la MMEE puede dar lugar a conclusiones erróneas. Un ejemplo habitual es el de un edificio que recibe una MMEE de su sistema de calefacción, siendo el año anterior climatológicamente muy benigno, y el posterior muy duro. La comparación de consumos de años consecutivos (sin corregir el efecto de variación climatológica) puede ofrecer un resultado que indique que la MMEE lejos de conseguir su objetivo, ha empeorado la situación.

Un plan de M&V es un conjunto de medidas de Eficiencia Energéticas sometidas a evaluación bajo un criterio determinado a través de un protocolo de M&V con el fin de determinar el ahorro real después de aplicar las medidas de Eficiencia Energética.

Para el desarrollo de un Plan de Medición y Verificación de las MMEE se recomienda utilizar el protocolo IPMVP "International Performance Measurement and Verification Protocol" de la organización EVO "Efficiency Valuation Organization". Este plan debe ser aprobado por un CPMVP (Profesional del área certificado en el protocolo internacional de medición y verificación IPMVP). Para mayor información consultar el documento de referencia: IPMVP Volumen I, EVO 10000 – 1:2010 (Es) (<http://www.evo-world.org>).