

Auditoría Energética Hospital Fresia

Objetivos de la Agenda Global para Hospitales Verdes y Saludables:

- Energía

Objetivo General:

- Sentar la línea de base de consumo de energía del Hospital de Fresia, cuyos resultados permitirán decidir dónde se centrará el plan de ahorro energético en el periodo 2015.

Objetivos específicos:

1. Identificar el porcentaje de eficiencia de la caldera a leña.
2. Identificar el 20% de los sistemas más demandantes de energía eléctrica en el establecimiento.
3. Elaborar indicadores de consumo eléctrico, que sirvan de punto de comparación para futuros diagnósticos.

Beneficios:

- Instauración de metodología de auditoría energética a ejecutar año tras año.
- Beneficios económicos futuros, ya que gracias a los resultados objetivos obtenidos (cuantitativos), se podrán tomar medidas que generen ahorros significativos en costos energéticos.
- Beneficio organizacional, mejoramiento de las relaciones interpersonales, cohesión del comité de hospital verde, gracias a trabajo en conjunto para recopilación de antecedentes.
- Beneficios educacionales, ya que al ser el tema energía nuevo en el Hospital de Fresia, tanto el Comité así como el resto de los funcionarios, se ven en la obligación de aprender respecto a los puntos que se consideraron auditar.

El problema

El establecimiento de Fresia nunca se había cuestionado su consumo energético hasta que se decidió comprometer el objetivo energía bajo el marco de la implementación de la Agenda de Hospitales Verdes y Saludables, por los siguientes motivos:

1. Chile es un país donde la energía eléctrica se genera en un 60% a partir de la quema de combustibles fósiles en termoeléctricas, proceso que produce emisiones contaminantes que se liberan al medio ambiente, las cuales pueden afectar a la salud de las personas, agudizando afecciones respiratorias, broncopulmonares y/o causando un daño acumulativo a largo plazo.
2. Los combustibles fósiles son un recurso natural no renovable, considerando que su tasa de explotación actual es extremadamente superior a la tasa de regeneración. Esto derivará en que se agotarán tempranamente.
3. Chile no posee combustibles fósiles como recurso natural propio, situación que hace que su matriz energética sea vulnerable a las fluctuaciones del precio del mercado internacional y por consecuencia poco autónoma.
4. Chile es el país latino americano donde es más costoso generar energía eléctrica (económicamente hablado), bordeando los 195 U\$/MWh¹. Esta cifra es bastante elevada si se compara con los países vecinos, donde Argentina tiene un costo de generación de 23 U\$/MWh, México de 96 U\$/MWh, Perú 134 U\$/MWh y Brasil de 171 U\$/MWh.

¹ US Energy Information Administration 2007.

Por lo anteriormente expuesto, el establecimiento tomó conciencia que la energía que menos contamina es aquella que no se utiliza, por lo que se trabajó bajo la siguiente convicción: “disminuyendo el consumo energético, indirectamente se estará contribuyendo a reducir las emisiones atmosféricas contaminantes que enferman a los mismos pacientes que atiende el hospital”. El objetivo final sería disminuir el consumo energético del Hospital Fresia, sin embargo, no se tenía conocimiento de las áreas que había que abordar para conseguir resultados significativos, y evitar centrar esfuerzos donde no se produciría un mayor ahorro, motivo por el cual se determinó que el primer paso para conseguir el objetivo consistía en sentar la línea de base, a fin de tener un escenario cero, que permita determinar dónde enfocar el programa de ahorro energético, sino que también sirviera de punto de comparación para evaluar el progreso y la efectividad de las medidas implementadas en periodos posteriores.

Respecto a la Agenda propiamente tal, se trabajó la siguiente acción concreta del objetivo energía: “Realizar auditorías energéticas periódicas y utilizar los resultados como base de programas de creación de conciencia y de modernización”.

Estrategia seleccionada

Para abordar los tres objetivos específicos descritos, se utilizó la siguiente metodología:

1. Identificar el porcentaje de eficiencia de la caldera a leña.

Metodología de balance de energía de acuerdo a los fundamentos de transferencia de calor, bajo la Ley de conservación de energía. Resumidamente se usó la siguiente fórmula de base:

$$\eta = \frac{Q_{\text{Recibido Agua}}}{Q_{\text{Generado Leña}}} * 100\%$$

La interpretación de la expresión señalada se puede definir como el porcentaje de calor generado por la leña que es efectivamente traspasado al agua en la caldera. Luego, para calcular $Q_{\text{Recibido Agua}}$, se trabajó con fundamentos de termodinámica, llegando a la siguiente expresión:

$$Q_{\text{Recibido Agua}} = C_p * (T_f - T_i) * F_{\text{Agua}}$$

Donde los términos corresponden a los siguientes:

Término	Unidad	Definición
$Q_{\text{Recibido Agua}}$	$\frac{Kj}{h}$	Energía calórica que efectivamente recibe el agua de la combustión de leña, por unidad de tiempo. Se mide en Kilo Joule por hora. Es la variable incógnita de esta ecuación.
C_p	$\frac{Kj}{^{\circ}C * Kg}$	Calor específico del agua. Energía que necesita el agua para aumentar su temperatura en 1 ° C. Se obtiene de bibliografía, corresponde a 4,18 (Kj/°C*Kg) en condiciones normales de presión y temperatura.
T_f	° C	Temperatura final, o de salida del agua de la caldera. Se obtiene en terreno, observando sensores de temperatura. Cuando la caldera genera vapor será igual a la temperatura de evaporización (100°C).
T_i	° C	Temperatura inicial, o temperatura de ingreso del agua hacia la caldera. En la mayoría de los casos se obtiene midiendo con un equipo externo el estanque de alimentación de agua de la caldera.
F_{Agua}	$\frac{Kg}{h}$	Flujo másico de agua que ingresa a la caldera, Kg de agua por unidad de tiempo. Equivalente al caudal volumétrico, si se considera que la densidad del agua es de 1 L/Kg. Se obtiene del medidor de caudal que posee el equipo, no obstante si no se cuenta con ello se puede utilizar el caudal de diseño del equipo presente en el manual o calcularlo a través del ancho de la tubería.

Luego, para el cálculo de $Q_{\text{Generado Leña}}$, el balance de energía queda reducido a la siguiente expresión:

$$Q_{\text{Generado Leña}} = \lambda_{\text{Leña}} * F_{\text{Leña}} - \lambda_{\text{Vapor Agua}} * F_{\text{Agua Evaporada}}$$

Dónde:

Término	Unidad	Definición
$Q_{\text{Generado Leña}}$	$\frac{Kj}{h}$	Energía calórica generada por la combustión de la leña por unidad de tiempo. Se mide en Kilo Joule por hora. Es la variable incógnita de esta ecuación.
$\lambda_{\text{Leña}}$	$\frac{Kj}{Kg}$	Corresponde al poder calorífico de la leña. Este dato se puede obtener de bibliografía, no obstante es específico para cada tipo de especie forestal. En el caso del Hospital Fresia, se utiliza leña de Eucalipto, cuyo poder calorífico es de 14.630 Kj/Kg, considerando la humedad ambiental de la vara.
$F_{\text{Leña}}$	$\frac{Kg}{h}$	Flujo de leña de consumo promedio. Se obtiene a partir del consumo real, en los registros contables del establecimiento. Por lo general el consumo se expresa en m ³ /h, sin embargo, se puede transformar a Kg/h al multiplicarlo por la densidad del Eucalipto, dato que se encuentra en bibliografía y corresponde a 880 Kg/m ³
$\lambda_{\text{Vapor de Agua}}$	$\frac{Kj}{Kg}$	Poder calorífico del vapor de agua. Se encuentra tabulado en bibliografía, y corresponde al valor 2.200 Kj/Kg.
$F_{\text{Agua Evaporada}}$	$\frac{Kg}{h}$	Flujo másico de agua que evapora o calienta la caldera, o flujo que sale de la caldera. Este es equivalente al flujo que ingresa, no obstante siempre hay pequeñas pérdidas, pero que no se consideraron para efectos de este cálculo.

2. Identificar el 20% de los sistemas más demandantes de energía eléctrica en el establecimiento.

A partir de una planilla modelo siguiente, se auditó cada aparato consumidor de energía eléctrica del establecimiento, registrando los datos de potencia, tensión e intensidad.

Nombre del Recinto	Sala de espera					
Nombre del aparato consumidor	Nº Unidades	Observaciones	Potencia Watt (W)	Tensión Volt (V)	Intensidad Ampere (A)	Horas de uso/día (h)
Televisor Samsung	1		80			12

Una vez recopilados los antecedentes, todos los equipos auditados se clasificaron en los siguientes grupos: Iluminación, computación, hervidores, televisión, telefonía, equipos médicos, microondas, refrigeración, radio, impresión, ventilación, equipos de apoyo, calefacción. Luego, se calculó el consumo energético por cada grupo consumidor, a partir de las siguientes fórmulas:

Para aquellos equipos con potencia explícita:

$$\text{Consumo} = \text{Potencia (W)} * \frac{\text{horas uso (h)}}{\text{día}} \left(\frac{h}{d}\right)$$

Para aquellos equipos sin potencia explícita:

$$\text{Consumo} = \text{Tensión (V)} * \text{Intensidad(A)} * \frac{\text{horas uso (h)}}{\text{día}} \left(\frac{h}{d}\right)$$

3. Elaborar indicadores de consumo eléctrico, que sirvan de punto de comparación para futuros diagnósticos.

Se elaboraron los siguientes indicadores:

$$1) \text{ Indicador 1} = \frac{\text{Consumo eléctrico}}{\text{funcionario * año}} \left(\frac{\text{KWh}}{\text{funcionario * año}}\right)$$

$$2) \text{ Indicador 2} = \frac{\text{Consumo eléctrico}}{\text{m}^2 * \text{año}} \left(\frac{\text{KWh}}{\text{m}^2 * \text{año}}\right)$$

$$3) \text{ Indicador 3} = \frac{\text{Consumo eléctrico}}{\text{cama * año}} \left(\frac{\text{KWh}}{\text{cama * año}}\right)$$

Los datos que conforman los indicadores fueron recopilados por el Comité de Hospital Verde, consistieron en los siguientes: Boletas de consumo eléctrico (para determinar los KWh/mes de consumo eléctrico), N° funcionarios, N° camas, superficie (m²).

Proceso de implementación

La Unidad de Salud Ocupacional de la dirección del Servicio de Salud del Reloncaví, ente gubernamental que vela por el funcionamiento del hospital; proporcionó al comité de hospital verde de Fresia los lineamientos para desarrollar este trabajo, de acuerdo a las actividades que de describen a continuación:

1. Reunión de inducción previa, donde se les informó el límite de la auditoría, y se sociabilizaron las planillas de recopilación de datos.
2. Proceso de recopilación de antecedentes en terreno, donde se distribuyó el trabajo entre los diferentes integrantes del comité para recorrer las instalaciones y conseguir documentación.
3. Traspaso de los datos recopilados a planillas Excel para procesamiento. El procesamiento estuvo a cargo de la Unidad de Salud Ocupacional.
4. Obtención de resultados los que fueron plasmados en diferentes gráficos.
5. Sociabilización de los resultados al Comité Verde y Director del establecimiento.

Desafíos y lecciones aprendidas

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

1. Porcentaje de eficiencia de la caldera a leña

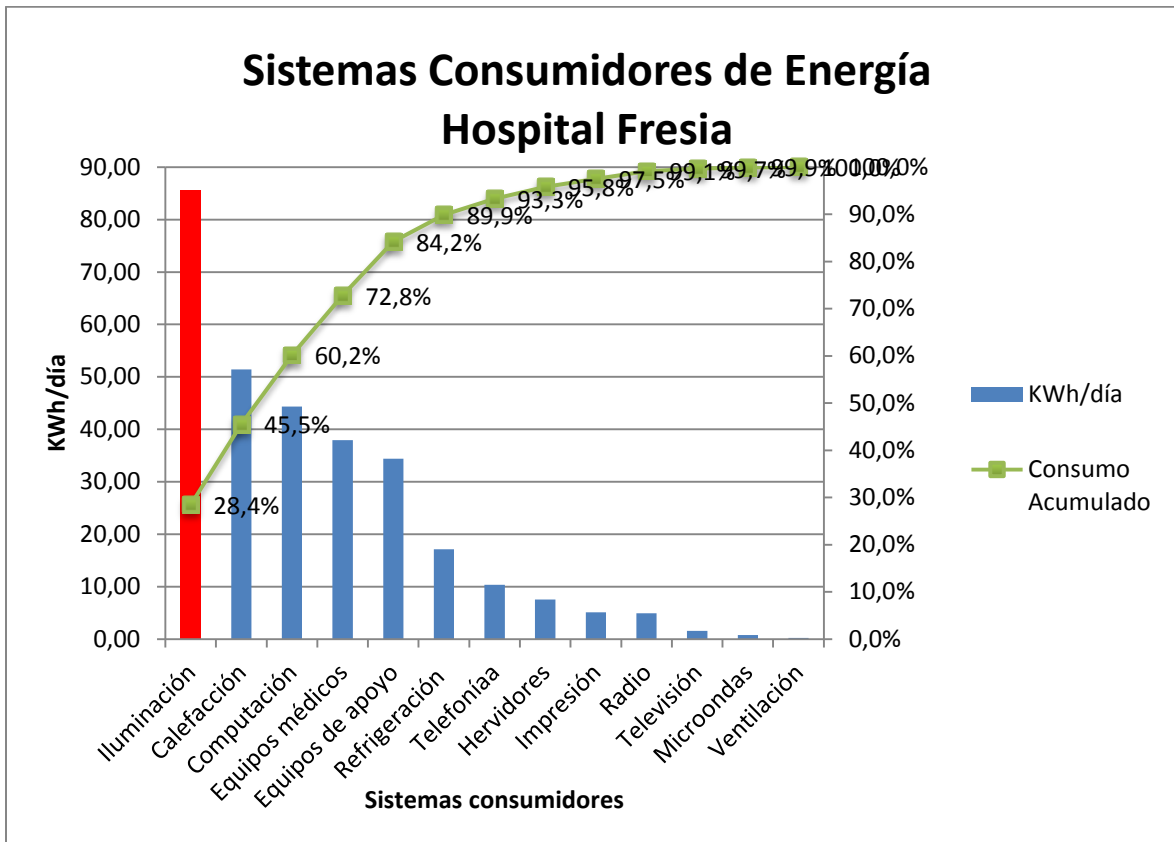
Procesados los datos en las fórmulas descritas en la estrategia, se obtuvo una eficiencia de caldera de 66,5%, lo que indica que sólo ese porcentaje del 100% del calor generado por la leña, es traspasado efectivamente al agua.

Se solicitó al Comité de Hospital Verde, evaluar localmente las posibles variables que estén interfiriendo en el rendimiento e implementar medidas que permitan una mejora. Se evaluará si estas medidas fueron efectivas al realizar la auditoría del periodo 2015 y comparar si el rendimiento aumento, disminuyó o se mantuvo respecto al resultado obtenido en el periodo 2014, correspondiente a 66,5% de eficiencia antes mencionado.

Además el porcentaje de rendimiento se utilizará para compararlo con el de otras calderas de hospitales similares, dependientes también del servicio de Salud Reloncaví, a fin de instaurar una competencia de aumento de eficiencia.

2. Sistemas más demandantes de energía eléctrica en el establecimiento

Se elaboró un gráfico de columnas con los sistemas consumidores de energía de forma decreciente, como se aprecia a continuación:



Para determinar en qué equipos centrar los esfuerzos de ahorro eléctrico se utilizó el principio de Pareto, que indica que el 80% de la solución radica en atacar el 20% del problema. Visualmente se puede interpretar elaborando un segundo gráfico línea cuyas variables corresponden al consumo acumulado en porcentaje de todos los sistemas consumidores, ordenado de forma creciente. Los sistemas consumidores que deben ser intervenidos corresponderán a todos los que sus barras se encuentren a la izquierda del punto de intercepción entre el 20% acumulado del gráfico de línea y el gráfico de barra, las que se encuentran achuradas en rojo.

Si se aprecia el gráfico anterior, sólo el consumo por concepto de iluminación constituye en 28,4% del consumo total de los aparatos eléctricos del establecimiento, cifra superior al 20%. Por esto, sólo llevando a cabo actividades de ahorro enfocadas en la iluminación, se estaría abordado en teoría el 80% de las opciones para generar ahorro, de acuerdo a lo planteado por Pareto.

3. Elaborar indicadores de consumo eléctrico, que sirvan de punto de comparación para futuros diagnósticos.

Respecto al cálculo de indicadores, se obtuvo los siguientes resultados:

$$1) \text{ Indicador } 1 = 1.172,3 \left(\frac{\text{KWh}}{\text{funcionario} * \text{año}} \right)$$

$$2) \text{ Indicador 2} = 32,2 \left(\frac{\text{KWh}}{\text{m}^2 * \text{año}} \right)$$

$$3) \text{ Indicador 3} = 3.144 \left(\frac{\text{KWh}}{\text{cama} * \text{año}} \right)$$

Los tres indicadores antes descritos servirán como escenario inicial para ser comparados con los que se calcularán en el periodo 2015. De este modo se determinará si las acciones ejecutadas para abordar el 20% de equipos eléctricos más demandantes en el establecimiento (Vinculado a Objetivo Estratégico 2), fueron o no efectivas.

Próximos pasos

A partir de los resultados obtenidos, se le solicitará al Comité elaborar un plan de ahorro energético que incluya los siguientes aspectos:

1. Identificar los factores que pueden estar mermando el uso eficiente de la caldera e implementar medidas que permitan corregirlo, aumentando el rendimiento.
2. Elaborar un plan de educación energética a funcionarios a fin de implantar medidas de buenas prácticas. Las que deben estar enfocadas al 20% de los equipos más consumidores, de acuerdo al objetivo N°2.

Se seguirá realizando la auditoría energética de forma anual, a fin de evaluar si las medidas implementadas fueron efectivas.

Por otro lado, se seguirá formando al comité en el tema de eficiencia energética, generando alianzas colaborativas con organismos gubernamentales con competencia en la materia, a fin de solicitar talleres y charlas que fortalezcan los contenidos, para proporcionar las herramientas adecuadas.

Información descriptiva de su institución

El hospital Fresia es un establecimiento de baja complejidad, posee un tamaño de 3.093m² construidos insertos en un total de 10.004m² de superficie, que le permite brindar prestaciones médicas a una población beneficiaria de 12.205 habitantes, la mayoría proveniente de sectores rurales. En cuanto a infraestructura hospitalaria, el recinto data del año 1956, cuenta con una dotación de 32 camas de hospitalizados y un total de 85 funcionarios.

Links y otros documentos

- Manual Gestor Energético Sector Hospitalario (Agencia Chilena de Eficiencia Energética).

Proporcionó metodología para determinación de los objetivos específicos N°2 y N°3, determinación de los sistemas consumidores de energía y elaboración de indicadores de consumo, respectivamente.

<http://www.gestorenergetico.cl/uploads/recursosgestor/f560cdae49287dd3273624423d2406ad0a273f9e.pdf>