



## **ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS PARA LA REALIZACIÓN DE UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE INSTALACIONES HOSPITALARIAS COMO INFORMACIÓN PRELIMINAR PARA LA DEFINICIÓN DE UN PROGRAMA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA. APLICACIÓN EN EL PABELLÓN DE ALTA COMPLEJIDAD DEL HIGA.**

**Sergio M. Arocas<sup>1</sup>, Geraldine D. Coria Hoffmann<sup>2</sup> y Cristian Bosc<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> UIDET-IAME, Facultad de Ingeniería UNLP, Calle 1 y 47, La Plata, Argentina, martin.arocas@ing.unlp.edu.ar

<sup>2</sup> UIDET-IAME, Facultad de Ingeniería UNLP, Calle 1 y 47, La Plata, Argentina, geraldine.coria@ing.unlp.edu.ar

<sup>3</sup> UIDET-IAME, Facultad de Ingeniería UNLP, Calle 1 y 47, La Plata, Argentina, cristian.bosc@ing.unlp.edu.ar

### **RESUMEN**

Para una correcta gestión energética de las instalaciones hospitalarias es necesario conocer las demandas de energía más importantes de modo de buscar la optimización del uso de los recursos y obtener un ahorro en el consumo de las mismas. Por lo que los conceptos ordenadores básicos para el desarrollo de este estudio son:

1. Evaluación Energética de las instalaciones y equipos.
2. Propuesta de mejoras de las instalaciones que tiendan al ahorro de energía en los sistemas eléctrico y térmico.
3. Beneficios económicos provenientes del ahorro de combustible y de energía eléctrica.

La aplicación de metodologías específicas es un punto de partida que permite conocer la situación energética de la instalación hospitalaria y en forma simultánea es posible identificar las mejoras orientadas hacia el ahorro y la eficiencia energética del hospital.

Con la ejecución de un diagnóstico energético de primer grado se evaluaron las instalaciones y equipos, para ello se realizó un relevamiento donde se observó que el sistema de climatización es el de mayor potencia instalada, seguido por el equipamiento médico, ofimático y electrodoméstico y por último la instalación correspondiente a iluminación.

Se detectaron las posibles mejoras tendientes al uso racional y eficiente de la energía que luego se analizan desde los puntos de vista técnicos, energéticos, económicos y ambientales posibilitando formular un programa de ahorro y eficiencia energética para el hospital.

**Palabras Claves:** *Diagnóstico energético; Relevamiento; Eficiencia energética.*



## 1. INTRODUCCIÓN

Para una correcta gestión energética de las instalaciones hospitalarias es necesario conocer las demandas de energía y luego optimizar el uso de los recursos procurando obtener un ahorro en el consumo energético [1,2]. Los principales conceptos ordenadores para el desarrollo de este estudio son:

- a) Evaluación Energética de las instalaciones y equipos.
- b) Mejoras de las instalaciones que tiendan al ahorro de energía en los sistemas energéticos.
- c) Beneficios económicos provenientes por el ahorro de energía.

La aplicación de la metodología para realizar una evaluación energética en hospitales debe considerar el cumplimiento de las premisas o supuestos que se describen a continuación:

- a) Se supone que todos los niveles del hospital tanto administrativos, técnicos y operativos están comprometidos con el ahorro energético como política general del hospital, y por ello prestarán colaboración para el éxito del estudio.
- b) Para el estudio energético se prevé disponibilidad de información necesaria como son planos, registros de las modificaciones edilicias y de información de operación de las instalaciones y equipos.

Los hospitales cubren sus demandas energéticas a partir de la compra de energía eléctrica y gas natural, los cuales abastecen a oficinas, consultorios, radiología, laboratorio, cocina, lavandería, quirófano y guardia como principales dependencias, mientras que las aplicaciones energéticas fundamentales son iluminación, agua caliente sanitaria, refrigeración y calefacción. Las instalaciones hospitalarias, por su finalidad y características, son un grupo de edificios particularmente intensivos en el consumo de energía. No sólo porque deben estar operativos las veinticuatro horas del día y los 365 días del año, sino incluso por la constante necesidad de disponer de suministro de energía para equipamiento médico, requisitos de climatización, calidad del aire y control de enfermedades [3].

Para comenzar un análisis de eficiencia energética se debe tener en cuenta el marco normativo y reglamentario del sector a nivel local, pudiendo la legislación internacional establecer criterios y reglamentos específicos de la temática.

Desde el punto vista técnico es necesario conocer y determinar las características edilicias del hospital y todos los servicios que allí funcionan, incluyendo la cantidad de camas, sectores



demandantes de energía con su correspondiente identificación de las instalaciones y los equipos que se encuentren en cada dependencia.

Considerando ambos puntos de vista se da lugar a la ejecución de un diagnóstico energético, cuyo objetivo es determinar las mejoras que tiendan a disminuir el consumo energético. Analizando detalladamente las instalaciones y su uso de la energía, así como los factores y causas que provocan la disminución del rendimiento de los sistemas energéticos.

A partir del análisis de los resultados obtenidos en la evaluación energética es posible la determinación del potencial de ahorro debido a la disminución de los consumos de energía eléctrica y de combustible, la cuantificación de las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas y la cuantificación de los ahorros económicos que ayuden a tomar decisiones de inversión.

Se entiende al programa de ahorro y eficiencia energética a la detección y evaluación de medidas que reduzcan el consumo energético sin disminuir los servicios prestados ni afectar la habitabilidad del edificio. Este programa forma parte de un sistema de gestión, el cual se define con un conjunto de elementos interrelacionados mutuamente o que interactúan para establecer una política y objetivos energéticos y los procesos y procedimiento para alcanzar dichos objetivos [4].

### 1.1. Diagnóstico energético

El ahorro de cualquier forma de energía y su uso racional presupone la aplicación y control de un programa confeccionado para ese fin. Dicho programa se elabora a partir de métodos o procedimientos técnicamente fundamentados, es decir, sustentado por diagnósticos energéticos que permiten identificar, en cada lugar que se apliquen, la eficiencia y la forma con que es utilizada la energía.

El diagnóstico energético, como paso previo para la definición de un programa de ahorro y eficiencia energética, conceptualiza el estudio integral de todos los aspectos técnicos y económicos, que afectan directa o indirectamente al consumo de energía en un edificio. Siendo su objetivo establecer un conjunto racional de reformas o mejoras encaminadas a un uso racional de la energía. Los principales aspectos a diagnosticar con el estudio energético son:

Operativos: Inventario de equipos consumidores de energía, análisis del tipo y frecuencia del mantenimiento, inventario de instrumentación y posibilidades de sustitución de equipos.

Económicos: Costos energéticos, consumos específicos de energía, elasticidad producto del consumo de energía, evaluación económica de las medidas de ahorro y precio de la energía comprada (\$/kWh).



Energéticos: Fuentes de energía utilizadas, posibilidades de sustitución de energéticos, estructura del consumo.

Políticos: Tarifas eléctricas, política de precios de los suministros energéticos, política de comercialización de energéticos.

El diagnóstico energético se puede clasificar como de primer, segundo y tercer grado [5]. Las estrategias metodológicas expuestas en el presente documento surgen como consecuencia de la experiencia de la realización de un diagnóstico energético de primer grado sobre el Hospital San Martín de La Plata.

## 2. ESTRATEGIA METODOLÓGICA PARA LA REALIZACIÓN DEL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.

Para la completa realización de un diagnóstico energético de primer grado en una instalación hospitalaria se debe seguir como base la metodología que se detalla a continuación tendiente al reconocimiento general y particular de las instalaciones y equipos [2]:

### *Paso 1. Entrevista con el Personal Directivo y de Operación y Mantenimiento (O&M).*

El inicio de la evaluación energética requiere de una entrevista para definir objetivos y alcance de la misma. Al personal de Operación y Mantenimiento se le solicita información de utilización permanente tales como manuales operativos, normativa de servicio del hospital, descripción de las actividades de operación y mantenimiento y registro de las horas de uso de las instalaciones.

### *Paso 2. Reconocimiento del Hospital.*

Visita al edificio en normal funcionamiento únicamente con el fin de observar su operación, enfocando la atención hacia consumos de energía, es decir, se debe reconocer las instalaciones de iluminación, fuerza motriz, sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación, equipamiento médico, equipamiento de oficina y electrodomésticos ubicados en la instalación hospitalaria.

### *Paso 3. Revisión de Documentos.*

Revisión de la documentación provista por el hospital tales como planos de edificios, de servicios e instalaciones, inventario de equipamiento, procedimientos de operación y mantenimiento, y la facturación por consumos energéticos de años precedentes.

### *Paso 4. Inspección del Hospital.*

Luego de la revisión de la documentación y la identificación de consumos, se procede a realizar un relevamiento de las instalaciones y equipos presentes. Para ello se deben formular tablas en las



que sean consideradas todas las características técnicas de las instalaciones que permitan describir el estado de situación y confirmar la validez de la información previamente analizada.

Complementariamente, se pueden tomar mediciones de campo para validar los parámetros nominales de operación.

#### *Paso 5. Presentación de resultados preliminares.*

La presentación de resultados preliminares a la dirección de la institución busca poner en conocimiento sobre la situación actual energética del establecimiento. Esta información puede ayudar a establecer las prioridades de ejecución de las recomendaciones que surjan de la evaluación energética.

#### *Paso 6. Análisis de Consumo Facturado.*

Este análisis consiste en una revisión detallada de las facturas de los suministros energéticos considerando los últimos 12 a 36 meses.

En caso de que no se tenga acceso a la facturación de energía, es posible realizar una estimación del consumo energético basado en manuales y chapas de las características nominales de los equipos, y en factores de simultaneidad, para luego estimar, en base al cuadro tarifario, el gasto en energía.

#### *Paso 7. Identificación y Evaluación de las Mejoras de Ahorro y Eficiencia Energética.*

El producto de la evaluación energética deberá permitir identificar aquellos consumos que pueden ser minimizados, pudiendo listar los posibles ahorros de energía a través de la implementación de mejoras técnicas para los más importantes centros de consumo (calor, vapor, aire acondicionado, iluminación, fuerza, procesos, etc.).

#### *Paso 8. Análisis Económico.*

Una vez identificados los ahorros en términos energéticos se debe realizar la cuantificación del potencial ahorro económico, considerando adicionalmente el costo unitario de la energía. Luego se estiman los posibles beneficios energéticos y económicos más convenientes para el centro de consumo investigado.

#### *Paso 9. Resultados y programa de eficiencia energética.*

Los resultados y las recomendaciones se resumen en un programa de eficiencia energética donde se describen los potenciales ahorros, considerando su impacto energético, análisis de costos, período de retorno simple y la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente.





*Paso 10. Revisión de las recomendaciones en conjunto con la dirección del hospital.*

Presentación formal de las recomendaciones a la dirección del hospital en relación con los cambios y proyectos a ejecutar, especificando de forma clara y concisa los potenciales beneficios de su aplicación, y los costos asociados, de forma de facilitar la toma de decisiones.

## **2.1. Aplicación de la Metodología en el Hospital San Martin**

Se trata del pabellón de Alta Complejidad del Hospital General Interzonal de Agudos (HIGA) San Martín de la ciudad de La Plata.

### **2.1.1 Características e instalaciones a evaluar durante el relevamiento**

Para el caso en estudio fueron abordadas las siguientes características e instalaciones [6] durante el relevamiento:

- I. Datos generales del edificio
- II. Características constructivas
- III. Suministros energéticos
- IV. Iluminación
- V. Sistema de calefacción
- VI. Sistema de refrigeración
- VII. Sistema de ventilación
- VIII. Sistema de agua caliente sanitaria
- IX. Motores
- X. Otro equipamiento energético
- XI. Integración de la señalización y control

### **2.1.2 Planificación del relevamiento**

Luego de la visita de reconocimiento de las instalaciones hospitalarias es necesario elaborar tablas de relevamiento, capacitar al equipo de relevadores y planificar en forma conjunta con los directivos del hospital la realización del relevamiento.

Las tablas de relevamiento correspondientes utilizadas para la instalación de iluminación y otros equipos energéticos (en este ítem se agrupan los equipos ofimáticos, electrodomésticos y médicos) se muestran en las tablas 1 y 2 [6].



Tabla 1. Tabla de relevamiento para la instalación de "Iluminación".

Tipo luminarias	
Nº luminarias	
Altura colocación (m)	
Iluminancia (cd/m <sup>2</sup> )	
Tipo de lámpara	
Potencia lámpara (W)	
Tipo equipo auxiliar	
Tipo de lámpara/ lumin.	
Pot. Luminaria (lámpara + equipo) (W)	
Pot. Total (W)	

Tabla 2. Tabla de relevamiento para "Otros Equipos Energéticos" (Electrodomésticos).

Tipo de máquina	Nº	Clasificación energética	Horario	Horas/día operación	Días por semana	Consumo normal [W]
Secador de manos						
Extractor de baño						
Máquina agua (calor/frío)						
Ventilador						
Procesadora alimentos						
Cafetera						
Microondas						
Heladera						

El relevamiento fue llevado adelante por un grupo de alumnos avanzados en las carreras de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electromecánica en compañía de docentes y personal del área de Ingeniería Clínica del hospital, con quienes se planificaron 3 días de relevamiento organizados de según la tabla 3.

Tabla 3. Planificación del relevamiento

HIGA - Pabellón de Alta Complejidad	Nivel	Día de relevamiento	
	Planta Subsuelo	Día 1	
	Planta Baja – Guardia – Emergencia		
	1º piso – Diagnóstico por Imágenes		Día 2
	4º piso – Quirófanos		
	2º piso – Terapia Intermedia		Día 3
	3º piso – Entre piso técnico		
	Terraza		

### 2.1.3 Resultados y análisis del relevamiento

El edificio en cuestión cuenta con siete plantas con una superficie cubierta de 11280 m<sup>2</sup> y 40 camas efectivas.



Del relevamiento se obtuvo las siguientes características:

- Los servicios de salud que se brindan en el hospital son: emergencias, guardia, diagnóstico por imágenes, terapia intermedia, terapia intensiva, trasplante de médula, quirófanos y un Centro de Endoscopia Terapéutica y Unidad de Sangrantes Digestivos (C.E.T.U.S). Algunos de estos servicios deben estar operativos las 24 horas durante todo el año.
- El edificio está construido en su envolvente de hormigón, pintada con pintura epoxi y cerramientos vidriados de simple cristal con estructura de aluminio y lámina de polarizado.
- La iluminación presenta una potencia total instalada de 120 kW, de los cuales el 58% corresponden a tubos fluorescentes y el 40% a lámparas incandescentes. Se estima que el 67% de la potencia en iluminación se encuentra en uso las 24 horas del día.
- El sistema de climatización es centralizado, del tipo todo-aire, con ductos que distribuyen el aire climatizado hacia las diferentes zonas del pabellón.
- El sistema de refrigeración cuenta con tres enfriadoras de agua cuya potencia absorbida es de 155 kW cada una y veinticinco unidades de tratamiento de aire (UTA) con una potencia total instalada de 104 kW.
- El sistema de ventilación se encuentra asociado con el de climatización, con excepción del encargado de la ventilación del cuarto piso donde se ubican los quirófanos, el cual cuenta con un sistema independiente de extracción de aire viciado.
- Los motores del pabellón comprenden bombas de vacío, bombas de agua de alimentación, extractores de aire y motores de los ventiladores de las UTAs. La potencia total instalada en motores asciende a 203 kW.
- Otros equipamientos energéticos contabilizan cuatro ascensores de 7,46 kW cada uno. Además, en equipos electrodomésticos se relevó una potencia total de 43,6 kW, en tanto que en equipos ofimáticos 9,65 kW y en equipos médicos 212 kW.
- El control del sistema de climatización se realiza de manera manual y no cuenta con termostato. Por su parte, el control de la iluminación también es realizado de manera manual en todo el pabellón.

En el relevamiento se realizaron las preguntas recomendadas por la bibliografía [6] y no se realizaron mediciones de campo.







### 2.1.4 Análisis de la potencia eléctrica instalada

Se identificaron todos los equipos que requieren de energía eléctrica para funcionar, se agruparon en cuatro grupos según el tipo de servicio que brindan. Este análisis se realiza de forma diferencial para el semestre noviembre-abril, en el que se considera que el pabellón se refrigera y en el período mayo-octubre, en el que se calefacciona.

Los cuatro grupos conformados son:

- 1) Unidad de Tratamiento de Aire
- 2) Otros equipos energéticos
- 3) Iluminación
- 4) Enfriadoras (período noviembre-abril).

El grupo 1 reúne todas las Unidades de Tratamiento de Aire (UTAs) del sistema de climatización y la ventilación del pabellón en estudio. Corresponden a los motores eléctricos de los ventiladores de las UTAs representando el 28% de la potencia eléctrica instalada en el pabellón utilizada en el semestre de refrigeración y el 23% en el período mayo-octubre.

El grupo 2 reúne el Equipamiento Médico, Equipamiento Ofimático y Electrodomésticos. La potencia eléctrica instalada considerada en este grupo representa el 24% y 19% en los semestres noviembre-abril y mayo-octubre, respectivamente.

El grupo 3 reúne todas las luminarias instaladas en el pabellón, representando entre el 10 y 13% de la potencia eléctrica instalada en el pabellón.

El grupo 4 reúne dos enfriadoras de agua para la refrigeración del pabellón, solamente utilizadas durante el período noviembre-abril. En las figuras 1 y 2 se muestra la participación en la potencia instalada en el pabellón de cada uno de los grupos para los dos semestres considerados. En ambos periodos la participación del equipamiento de climatización es mayoritaria en la matriz de potencia instalada, seguida por “otros equipamientos energéticos” y por último la instalación de iluminación.

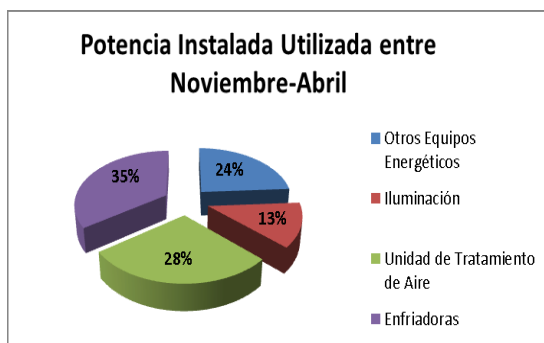


Figura 1: Participación de la potencia instalada durante el período Noviembre-Abril

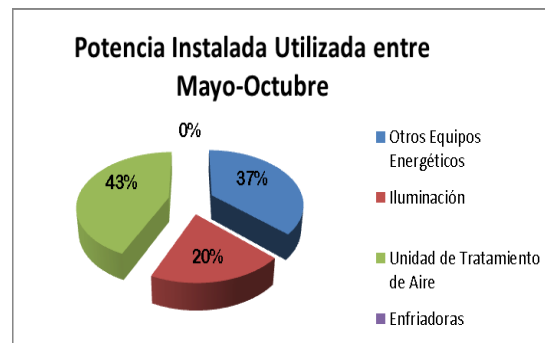


Figura 2: Participación en la potencia instalada durante el período Mayo-Octubre



Debe tenerse en cuenta que para un completo análisis se debe considerar el suministro de gas natural si lo hubiere. En el caso analizado se utiliza para la producción de agua caliente de calefacción a través de 3 calderas y Agua Caliente Sanitaria con el uso de 8 termotanques.

### 2.1.5 Identificación y evaluación de mejoras

En base a toda la información recopilada se proponen mejoras para el uso racional y eficiente de la energía en el pabellón de Alta Complejidad. En la tabla 4 se listan las posibles mejoras que requieren inversión, las cuales son analizadas desde los puntos de vista técnico, energético, económico y ambiental, referenciándolas sobre qué sistema o instalación aplican. Para el análisis económico, debido a que no se pudo acceder a la facturación de energía eléctrica del pabellón, se estimó un gasto en electricidad en base a los datos relevados de los equipamientos y sus condiciones de uso (simultaneidad), con el valor de la tarifa de electricidad vigente en el mes de mayo del 2017.

A partir del análisis de las mejoras, detalladas en la tabla 4, es posible formular a futuro un programa de ahorro y eficiencia energética y este es un instrumento fundamental para definir un sistema de gestión de la energía.

Tabla 4. Evaluación de las mejoras de eficiencia energética

Instalación	Mejora	Ahorro electricidad anual [kWh]	Ahorro económico anual [\$]	Inversión [\$]	Período de recupero simple [años]	Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas al año [ton]
Sistema de refrigeración	Colocación de carpintería con doble vidrio hermético (DVH)	336.850	824.600	2.615.000	3,2	148
Otros equipos energéticos	Apagado de computadoras cuando no están en uso	51.400	125.800	0	0	22,3
	Reemplazo de heladeras con etiquetado F por heladeras con etiquetado A	15.200	37.150	115.000	3,1	6,6
	Disminución de la potencia de equipamiento para calentamiento de agua para consumo	12.700	31.000	0	0	5,5
Iluminación	Reemplazo de luminarias fluorescentes e incandescentes por LED*	984.000	2.410.000	316.300	0,13	433
	Control y seccionamiento de la iluminación	106.200	260.000	31.430	0,12	46,7
Motores	Reemplazo de motores por motores de alta eficiencia	56.500	138.250	243.800	1,76	24,9





### 3. CONCLUSIONES

Para identificar medidas de ahorro y eficiencia energética es indispensable especificar el estado energético actual del hospital. Para ello la realización de un diagnóstico energético de primer grado permite mediante un relevamiento de equipos e instalaciones obtener la información necesaria para el posterior análisis tendiente a identificar y clasificar medidas de ahorro de energía. Las recomendaciones y su análisis deben ser capitalizados mediante la presentación ante las autoridades del hospital de forma concisa y clara tendientes a incentivar y promover la implementación del programa de ahorro y eficiencia energética para definir un sistema de gestión de la energía.

En particular en el Hospital San Martín de La Plata, del relevamiento se observó que el sistema de climatización es el de mayor potencia instalada, seguido por el equipamiento médico, ofimático y electrodoméstico y por último la instalación correspondiente a iluminación.

La aplicación de la estrategia metodológica en el Pabellón de Alta Complejidad del Hospital San Martín permitió identificar las posibilidades de mejora y por tanto formular el programa de ahorro y eficiencia energética. Estas mejoras requieren inversión y son analizadas desde los puntos de vista técnicos, energéticos, económicos y ambientales.

### 4. REFERENCIAS

- [1] Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE). *Manual de gestor en eficiencia energética. Sector Hospitalario*, Ministerio de energía, Chile, 2016.
- [2] Santacruz Melo y Carlos Hernando. *Proyecto de asistencia técnica para ahorro de energía en un Centro Hospitalario Estatal*, Editorial Bogotá UPME, Colombia, 2004.
- [3] Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (FENERCOM). *Guía de Ahorro y Eficiencia energética en hospitales*, España, 2010.
- [4] IRAM - ISO 50001. Sistema de Gestión de la Energía. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 2011.
- [5] Ing. Miguel Hernández y Lic. Luis Labrador García. Diagnóstico energético. Volumen 25, Disponible en: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia25/HTML/articulo09.htm>, 2004.
- [6] Junta de Castilla y León, *Manual de procedimiento para la realización de auditorías energéticas en edificios. Tomo 1 y 2*, España, 2009.

### Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Dr. Javier Mariani por el apoyo y el asesoramiento durante la ejecución del proyecto y el posterior informe.