

ESTUDIOS Y APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS

Carlos G. Pacheco, Daniel F. Imbert, Sebastián Russillo, Adrián D'Andrea, Jorge Caminos.
Universidad Tecnológica Nacional, Grupo de Estudios Sobre Energía,
Tel.:0342 4697858/Fax:0342 4690348 – Lavaise 610, CP.: S3004EWB, Santa Fe, Argentina.
gese@frsf.utn.edu.ar

RESUMEN: Los edificios públicos, ya sean nacionales, provinciales o municipales, representan un potencial de ahorro energético equiparable en determinados casos al del sector comercial. En este contexto el Grupo de Estudios Sobre Energía de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe inició estudios en la temática con el objeto de gestionar la demanda en el sector terciario. Asimismo, el trabajo contribuye al estudio y aplicación de metodologías para determinar el grado de eficiencia energética de dichos edificios considerando su arquitectura, el emplazamiento, las características constructivas y sus servicios generales.

Finalmente, el trabajo propone identificar aquellas medidas técnico-económicas viables para lograr reducir el consumo de energía sin desmejorar el confort ni condiciones laborales a la vez de proteger el medioambiente, asegurar el abastecimiento de recursos y fomentar un desarrollo sostenible en el tiempo. Si bien el estudio incluye tanto aspectos de uso eficiente de la energía como ambientales, en el mismo se desarrollan proyectos de ahorro, los cuales involucran a los principales consumidores de energía del edificio.

PALABRAS CLAVES: Gestión energética, eficiencia, evaluación.

OBJETIVO

Contribuir al estudio y aplicación de metodologías para determinar la calidad energética en edificios públicos considerando su diseño arquitectónico, el emplazamiento, las características constructivas y sus servicios a fin de optimizar la gestión energética de los mismos. Asimismo, incluyó la identificación de medidas técnicas y administrativas rentables para lograr reducir el consumo de energía sin disminuir confort ni calidad de vida, proteger el medioambiente, asegurar el abastecimiento de recursos y fomentar un desarrollo sostenible en el tiempo.

ANTECEDENTES

La problemática de la conservación y uso eficiente de la energía en el plano técnico, económico y político ha sido poco desarrollada a nivel nacional sin existir incluso metodologías que permitan el análisis y ponderación de los edificios públicos desde el punto de vista energético. En este sentido, se ha impulsado la creación de programas de uso eficiente de la energía en todas sus modalidades. Dentro de estas herramientas, se destacan por su diversidad, abundancia y eficacia los programas de gestión de la demanda.

Estos programas surgieron como consecuencia de los elevados costos marginales en el sector debido en parte a la baja inversión en la capacidad para satisfacer la demanda de energía.

Por otra parte y desde el punto de vista económico, el uso eficiente tiene consecuencias económicas directas generando no solo un ahorro y un mejor aprovechamiento sino también una serie de beneficios dinerarios adicionales en lo que respecta al consumo energético.

En cuanto a la contribución desde el punto social, los datos obtenidos serán de utilidad para los distintos organismos públicos involucrados con los que se trabajará colaborativamente para diseñar medidas de gestión a efectos de modificar la curva de carga de demanda energética nacional, buscando a la vez concientizar al consumidor de energía, en este caso de agentes del estado en lo referente a su uso eficiente.

Por último, el desarrollo del proyecto permitirá acceder a información sobre el comportamiento de la demanda energética, abordando en particular la administración pública. Esto permitirá generar estudios destinados a lograr una adecuada gestión de la demanda y de esta forma propender a un uso más eficiente de los recursos energéticos.

MEMORIA DESCRIPTIVA DEL EDIFICIO

El edificio en cuestión, del cual se detallan los resultados de la auditoria, data del año 1.965 y su tipo constructivo responde al denominado de copa invertida. Esta ubicado en la Ciudad de San Salvador de Jujuy. Consta de un fuste central vinculado a los cimientos y sobre el cual se posicionan 10 lozas de construcción convencional de 420 m² cada una, 2 entrepisos de 90 y 160 m², planta baja y subsuelo de 660 m² respectivamente. La totalidad de su estructura es de H^o A^o y alcanza un altura de 40 m.

La totalidad de los pisos poseen iguales dimensiones, la generación de espacios para oficinas y despachos en cada planta se realizó irregularmente con mampostería liviana y tabiquería de aluminio, chapa o madera.

En cuanto al fuste se conforma de 4 columnas que constituyen un cajón central donde se albergan las cajas de 4 ascensores, la única escalera con que cuenta el edificio, el suministro de agua y el cableado eléctrico e informático. Actualmente el edificio no posee instalación de gas natural.

El horario de trabajo del personal se extiende de 7:00 a 13:00 hs. y de 15:00 a 18:00 hs... El personal de planta permanente asciende a 460 personas - sin considerar los ocupantes ocasionales que asisten mayoritariamente por la mañana a realizar trámites - mientras que aproximadamente el 25 % de estos, unas 115 personas, regresan en el horario de 15:00 a 18:00 hs..

METODOLOGÍA

La metodología desarrollada consistió básicamente en llevar adelante un prediagnostico energético y ambiental del establecimiento auditado para posteriormente realizar el diagnostico definitivo. En este contexto las etapas alcanzadas contemplaron:

1. Visita inicial a las instalaciones y entrevista con el personal.
2. Elaborar un prediagnóstico energético y ambiental del edificio.
3. Calificar inicialmente el edificio de acuerdo a un sistema de calificación energético y ambiental.
4. Trabajo de campo, campañas de mediciones.
5. Diagnostico energético.
6. Informe final donde consten las recomendaciones.
7. Elaborar proyectos de ahorro energético indicando viabilidad económica y potenciales de ahorro.
8. Calificación energética potencial a alcanzar al cabo de las mejoras propuestas.

Con respecto a las campañas de medición - 2, una correspondiente a la temporada invernal y otra a la estival - se adopto como referencia el Protocolo Internacional de Medición y Verificación del Desempeño - I.P.M.V.P. - a fin de estandarizar, en la medida de las posibilidades, las mismas respecto del contexto internacional.

ESTUDIOS REALIZADOS

Los estudios abarcaron múltiples aspectos incluyendo desde el análisis de consumos, encuadres tarifario, aspectos técnicos y socioculturales. En este sentido, los estudios fueron:

- Análisis del contrato de suministro de energía eléctrica.
- Estudio sobre medios de elevación, evaluación de alternativas de modernización.
- Estudio sobre ofimática.
- Estudio sobre niveles de iluminación.
- Estudio de las condiciones higrotermicas en oficinas y espacios comunes.
- Encuesta de condiciones de confort.
- Balance térmico del edificio.
- Verificación de transmitancias térmicas en muros del edificio.
- Estudio de ahorro energético por mejora de la transmitancia en muros.
- Estudio de ahorro energético por disminución del consumo de agua de uso sanitario, menor tiempo de bombeo.
- Estudio y medición de consumos estacionales referentes al bombeo de agua y aire acondicionado.

RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE AHORRO

De lo antedicho se desprende una serie de recomendaciones las cuales se discriminaron en aquellas que no requerían inversión, relacionadas con aspectos socioculturales como hábitos personales o configuración de equipos ofimáticos entre otros y aquellas que requerían de una inversión económica como adecuación de instalaciones, recambio de equipamiento, sustitución de energéticos, etcétera.

Iluminación

Con inversión

- Sectorizar circuitos de iluminación en oficinas y pasillos.
- Automatizar iluminación en baños y cocinas.
- Pintar despachos, oficinas y espacios comunes de colores claros.
- Sustituir luminarias defectuosas o deterioradas.
- Remodelar las instalaciones eléctricas viejas u obsoletas.
- Instalar luminarias más eficientes.
- Diseñar circuitos vigía en pasillos y corredores de modo de que en horas no laborables suministre niveles de iluminación con fines de vigilancia y control.
- Instalar reactancias electrónicas con reguladores de flujo que ajusten la potencia de la lámpara para obtener exactamente el grado de iluminación deseado.
- Automatizar la iluminación exterior.
- Instalar interruptores temporizados o detectores de presencia en zonas con un uso puntual como pasillos, escaleras, cocinas y baños.

Sin inversión

- Ordenar disminuir el nivel de iluminación - apagado de luces, desconexión de circuitos, desactivación de lámparas, etcétera - en pasillos, palieres y cualquier otra zona de tránsito siempre que esto no afecte la seguridad del personal.

- Instruir al personal sobre la activación de sistemas y equipamientos eléctricos y electrónicos no esenciales - acondicionadores de aire, equipamiento ofimático, cafeteras eléctricas, etcétera - al inicio de las actividades y desactivar al cabo de las mismas.
- Prohibir la iluminación ornamental interior.
- Distribuir convenientemente afiches, carteles o cualquier otro tipo de comunicación visual que recuerden el apagado de luces innecesarias y el uso racional del equipamiento ofimático.
- Asegurar la limpieza periódica de luminarias, la desactivación de balastos ociosos y la implementación de cualquier otra medida de operación y mantenimiento que contribuya a optimizar el uso de las instalaciones.
- Sustituir la iluminación artificial por un mayor aprovechamiento de luz natural en aquellos lugares y ocasiones que lo permitan.

Calefacción

Con inversión

- Reducir el efecto del tiraje de aire en escaleras y ascensores. Reducir infiltraciones de aire en estas áreas aislándolas del resto del edificio.
- Colocar cierres automáticos en puertas exteriores o lugares transitados que comuniquen ambientes acondicionados con ambientes no acondicionados o el exterior.
- Inspeccionar las superficies interiores y exteriores del edificio. Tapar las aberturas que permitan la entrada de aire exterior al mismo.
- Reponer vidrios rotos y rajados en puertas y ventanas al exterior.
- Colocar sellos en puertas y ventanas al exterior.
- Reemplazar los sistemas de calefacción actuales - estufas de cuarzo y caloductos - por otros de mayor eficiencia. Este inciso en particular merece especial atención debido a que actualmente el edificio no cuenta con instalación fija de calefacción. En este contexto, el 20 % de las dependencias visitadas se calefaccionaban con medios eléctricos. Por tal motivo se asumió esta situación como condición de base - 20 % del edificio calefaccionado - a fin de calcular los potenciales de ahorro esperado en función de los consumos de energía destinada a calefacción y así poder comparar tales ahorros con la inversión necesaria para sustituir la calefacción eléctrica por calefacción a gas natural para la condición base. Asimismo, en Tabla 1 se muestran los distintos costos de instalación en función de los porcentajes de equipos a instalar en el edificio, destacando en color la condición de referencia:

	Porcentaje de instalación de equipos/U\$S			
	20 % ¹	50 %	75 %	100 %
Calefactores 3.000 kcal/h	5.041	12.603	18.905	25.207
Calefactores 5.000 kcal/h	276	690	1.035	1.380
M.O. instalación equipos	555	1.387	2.080	2.773
Costo total equipos	5.872	14.680	22.020	29.360
Instalación de G.N.	12.707			
Costo total instalación de G.N. + Equipos	18.579	27.387	34.727	42.067

Tabla 1 - Costos de instalación en U\$S vs. porcentaje de equipos instalados.¹

Sin inversión

- Cerrar herméticamente las ventanas en invierno. Si existen ventanas usadas para ventilación, cerrar por la noche.

Acondicionamiento de aire

Con inversión

- Dotar de películas de control solar en las superficies vidriadas exteriores, en particular la faz norte del edificio.
- En la compra o reparación de equipos acondicionadores de aire, exigir el uso de refrigerantes ecológicos del tipo R-407C.

Sin inversión

- Mantener puertas y ventanas cerradas mientras se encuentren en funcionamiento.
- Uso racional de acondicionadores. Ajustar el termostato a una temperatura no inferior a 25 °C. - temperatura óptima de confort - reduce el consumo energético. Por cada grado centígrado que se reduzca la temperatura del acondicionador el consumo del mismo disminuye aproximadamente un 8 %. Con base en esta información, se estima un ahorro posible del 5 % del costo promedio mensual del edificio destinado a refrigeración de ambientes.

El consumo mensual de energía destinado a refrigeración de ambientes asciende a 3.937 kWh/mes, mientras que el consumo promedio mensual del edificio para los 4 meses de verano alcanza los 24.000 kWh/mes. En tal sentido, el ahorro esperado es

¹ Nota: se destaca un porcentaje del 20 % del edificio calefaccionado ya que esta situación reemplaza a la condición existente.

del 30 % respecto del consumo de los acondicionadores, lo cual representa el 5 % del consumo promedio mensual del edificio - 1.200 kWh/mes-, unos **US\$ 137 de ahorro mensual** lo que totaliza unos **US\$ 550 al año**.

Uso racional del agua

Con inversión

- Reemplazar canillas en piletas de baños, cocinas y descarga de mingitorios por sistemas de accionamiento con pulsador manual y cierre automático.
- Trabajar con presiones de servicio moderadas. Instalar en cada piso válvulas de regulación de modo de lograr no más de 15 a 20 mm. c.a. en los puntos de consumo.
- Medir y controlar el consumo de agua.

Sin inversión

- Revisar que estén cerradas las llaves de grifos y que no queden abiertas innecesariamente.
- Reportar al personal de mantenimiento correspondiente cualquier fuga o falla en los inodoros, mingitorios, grifos, bebederos y demás artefactos.
- Instalar letreros apropiados y dar charlas de motivación y orientación al personal, usuarios y visitantes.
- No lavar vehículos particulares con agua de la dependencia.
- Establecer rutinas de operación y mantenimiento de las instalaciones.
- Entrenar y supervisar al personal de mantenimiento.
- Probar periódicamente las instalaciones.

Medios de elevación

Con inversión

- Automatizar los ascensores.
- Automatizar la iluminación de cabinas.

Ofimática

Con inversión

- Recambiar monitores y C.P.Us. del parque informático que no se ajusten a la clasificación *Energy Star* o similar por otros que si lo hagan.

Sin inversión

- Apagar los equipos de oficina cuando el edificio no se encuentre en actividad.
- Apagar la computadora durante pausas largas en el trabajo.
- Apagar el monitor cuando se hagan paradas mayores a 15 minutos.
- Encender la impresora solo cuando sea necesario.
- Activar la opción de apagado automático cuando exista la posibilidad.
- Desconectar totalmente la computadora de la red al final del día.
- Desenchufar las fuentes de alimentación o estabilizadores de tensión - U.P.S. - de las computadoras al final de la jornada.
- Explicitar en los procedimientos de compra de equipamiento ofimático que estos cumplan con las recomendaciones de eficiencia energética establecidas en *Energy Star*.
- Configurar el equipamiento de informática - monitores y C.P.U. - que cumple con los parámetros *Energy Star*, en el modo suspendido - *Sleep mode* - y el modo espera - *Stand by*- al cabo de 2 minutos de estar inactivos y pasar al modo apagado al cabo de 10 minutos. En tal sentido el ahorro esperado totaliza 79,4 kWh/día, unos 1.750 kWh. Mensuales aproximadamente. Asumiendo el precio de 0,115 US\$/kWh, utilizado como costo base para el cálculo, se espera un **ahorro mensual de US\$ 201**, ver Tabla 4.

Activando, además, en el modo apagado: el apagado de discos rígidos y otras opciones de ahorro, se obtendría un mínimo porcentaje de ahorro adicional - alrededor del 0,10 % más, bajo dada la antigüedad del parque informático -.

En este sentido el **ahorro bimestral** asciende a **US\$ 402**, lo que equivale al costo de adquirir una C.P.U. + monitor.

Insumos de oficina

Sin inversión

- Sensibilizar al personal respecto de la generación de desechos de papel.
- Controlar el número de copias e impresiones.
- Fotocopiar e imprimir en doble faz.
- Corregir documentos en pantalla y no en papel.
- Guardar archivos no impresos en la P.C., no guardar copias impresas de todos los documentos e informes.
- No imprimir e-mails recibidos, leer en pantalla y guardar los necesarios como documento de texto para que ocupen menos espacio o en otro soporte informático.

- Realizar mantenimiento de fotocopiadoras e impresoras, esta medida evita despilfarros de papel.
- Evitar imprimir documentos innecesarios.
- Imprimir en calidad de borrador para evitar el derroche de tinta especialmente en el caso de los documentos internos.
- Reutilizar todo el papel que haya sido impreso sólo por una cara - ej.: borradores.
- Reutilizar, en la medida de lo posible, los residuos generados o recursos usados y potencialmente desechables para darles usos alternativos - ej.: cajas, carpetas, material de encuadernación, etcétera -.
- Utilizar en la medida de lo posible papel reciclado.
- Reciclar cartuchos vacíos de tonner.

RECOMENDACIONES Y MEDIDAS PROPUESTAS

Recomendaciones con inversión, Tabla 2

Instalación	Medida Propuesta	Ahorro Energético		Reducción Emisiones CO ₂ Tn/año	Inversión Necesaria US\$	Periodo Recupero años	Vida Útil años
		EE kWh/año	GN m ³ /año				
Iluminación	Automatización en baños Planta Baja y cocinas.	1.848	-----	0,74*	298	1,10	10
	Sectorización de la iluminación.	3.059	-----	1,22*	497	1,40	20
Medios de elevación	Modernización Alternativa 1.	2.938	-----	1.17*	16.310	48,50	25 [@]
	Modernización Alternativa 2.	5.876	-----	2.35*	34.148	51	
Agua para Sanitarios	Instalación sistemas de ahorro. Regulación y reparación de artefactos sanitarios. Concientizar al personal.	17.431	-----	6,97*	3.871	2	10
Calefacción	Utilización de equipos calefactores a gas. Realización de instalación de G.N..	26.000	-----	10,40*	17.980 ^a	4,86	10 ^b 30 ^c
Calefacción/Aire Acondicionado	Mejora de la aislamiento térmica de muros exteriores.	No estimado	4.777	8,52 [#]	22.845	16	30

Tabla 2 - Análisis comparativo de recomendaciones con inversión.

Donde:

@ Variable en función de los mantenimientos futuros y calidad de los componentes.

^a Considera Instalación de gas para todo los locales y porcentaje de calefactores a gas instalados igual al actual de estufas eléctricas - 20 % -.

^b Vida útil calefactores.

^c Vida útil instalación de gas.

* Factor de emisión FE energía eléctrica de la red argentina: 0,40 Tn CO₂/MWh - Según Oficina Argentina del Mecanismo para un Desarrollo Limpio año 2006 -.

[#] Factor de emisión FE considerado para el Gas Natural: 1,95 kg CO₂/m³ GN - Según Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación -.

Recomendaciones sin inversión, Tablas 4 y 5

- Acondicionamiento de aire

Ahorro Mensual Kwh	Costo del Kwh US\$	Ahorro Mensual US\$	Ahorro Anual US\$ Temporada estival 4 meses al año
1.200	0,115	138	552

Tabla 3 - Ahorro anual por uso racional de acondicionadores de aire.

- Ofimática

Equipos Informáticos	Equipos Eficientes	Ahorro Diario kWh	Ahorro Mensual kWh	Costo del kWh US\$	Ahorro Mensual US\$	Ahorro Anual US\$ 11 meses x ferias
282	237	79,40	1.750	0,115	201	2.211

Tabla 4 - Ahorro anual por uso racional de equipos ofimáticos.

MARCO REGULATORIO VIGENTE EN LA MATERIA

Hacer un uso eficiente de la energía en los sectores residenciales, comerciales y públicos merece ser prioritario dentro de las políticas energéticas de una nación. Las normas y etiquetas de eficiencia energética para artefactos eléctricos, equipos e iluminación son una política energética efectiva que ofrece una gran oportunidad para mejorar el uso eficiente de la energía, constituyendo la base fundamental de cualquier cartera de políticas energéticas, siendo a la vez la manera más eficaz para limitar el crecimiento en el uso de energía y al mismo tiempo estimular el crecimiento económico. Argentina cuenta con una serie de normativas y resoluciones - como el caso de la Resolución de la ex Secretaria de Industria, Comercio y Minería - S.I.C. y M. de Argentina - N° 319/1.999 sobre el etiquetado de eficiencia energética de aparatos eléctricos - pero aún no ha sido regulada debidamente la aplicación y cumplimiento de las mismas. En consecuencia, se propone:

- Aplicar efectivamente la Resolución ex S.I.C. y M N° 319/99.
- Implementar de forma efectiva el cumplimiento de aquellas normas que traten sobre eficiencia energética de artefactos eléctricos, etiquetado, aislamiento y acondicionamiento térmico de edificios - Instituto Argentino de Normalización y Certificación, I.R.A.M. -.
- Elaborar normativas específicas que amplíen el alcance de la aplicación de la eficiencia energética en diferentes áreas.

CONCLUSIONES

Se identifico y cuantifico un importante potencial de ahorro energético el cual, en parte surgieron como resultado de las precarias instalaciones, la carencia de mantenimiento ni control de las instalaciones, la no existencia de herramientas de gestión energética y el uso desmedido de recursos. Los ahorros estimados de energía eléctrica en base a las medidas propuestas alcanzan un 20 % del consumo total del edificio. Puntualmente, para el caso del uso racional del agua, el consumo puede reducirse hasta en un 60 %. Asimismo y dada la necesidad de que los edificios públicos se ajusten a normas de eficiencia energética y buen desempeño ambiental es necesario desarrollar metodologías de trabajo e instituciones tendientes a la mejora continua en el uso de los recursos energéticos y la consecuente disminución de emisiones de gases efecto invernadero.

Finalmente, a través de este tipo de diagnósticos se puede determinar la importancia que tiene para el sector público la realización de estos estudios como herramienta para verificar y ayudar a mejorar el desempeño energético y ambiental de los mismos.

ABSTRACT

Public buildings, whether national, provincial or municipal, represent a potential for energy saving which, in some cases, can be compared to that of the commercial sector. In this context, the GESE (Group of Energy Studies) of the Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe began to study the issue in order to manage the demand in the public sector. Also, the work contributes to the study and application of methodologies to determine the degree of energy efficiency of such buildings considering their architecture, location, building characteristics and general services.

Finally, the work intends to identify those technical and economic feasible measures to be able to reduce energy consumption without worsening comfort or the working conditions and, at the same time, protecting the environment, ensuring the supply of resources and promoting sustainable development over time.

Even though the study includes both energy efficiency and environmental aspects, it explains some energy saving projects, which involve the major energy consumers in the building.

KEYWORDS: Energy management, efficiency, assessment