

UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
“Carlos Rafael Rodríguez”
CUBA

CENTRO DE ESTUDIOS DE ENERGÍA
Y MEDIO AMBIENTE

MAESTRIA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA



Estudio energético de edificaciones universitarias de la UNERMB

Tesis presentada en opción al grado académico de Master en Eficiencia Energética

Autor: Ing. Juliette Stephany Vera Cerna.
Tutor: Dr. Mario Álvarez Guerra Plasencia

Cabimas, Junio de 2012



Hago constar que el presente trabajo de Maestría realizado en la Universidad de Cienfuegos, como parte de la culminación de los estudios en la Maestría de Eficiencia Energética; autorizando a que el mismo sea utilizado por la institución para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total, y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la aprobación de la Universidad de Cienfuegos.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido revisado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esa envergadura, referido a la temática señalada.

Firma del Tutor

Firma del Tutor.

Información Científico Técnica.

Firma

Sistema de Documentación de Proyectos.

Firma

Agradecimientos

- Ante todo le doy gracias a mi dios Jehová, todo poderoso por ser mi fuente de Fortaleza y no desampararme en los momentos más difíciles.
- A mi tutor Mario Álvarez por ser paciente y dedicarme su valioso tiempo y por apoyarme en el trayecto de mi tesis.
- A la Universidad de Carlos Cienfuegos Rafael Rodriguez por darnos la oportunidad de estudiar en su valiosa casa.
- A los todos los profesores que nos impartieron su valioso conocimiento, en especial al profesor Félix González.
- A todas aquellas personas que de alguna u otra manera contribuyeron al logro de esta meta.

A todos mil gracias.

Dedicatoria

Le dedico mi tesis los seres que más amo, a mi dios Jehová, a mi mamá por sus sabios consejos y muy especialmente a mi esposo por su apoyo incondicional a lo largo de mi maestría.

RESUMEN

En la presente investigación, “Estudio energético de edificaciones universitarias de la UNERMB” tiene como objetivo principal desarrollar un estudio energético de las edificaciones principales de sus diferentes sedes, Los Laureles Cabimas, Ciudad Ojeda, y Los Puertos de Altagracia; de esta manera identificar potenciales de ahorro y elaborar proyectos de mejora para disminuir los consumos energéticos de las mismas. Para desarrollar este proyecto se realizó la caracterización de las tres sedes anteriormente mencionadas, describiendo la situación actual en la que se encuentran los sistemas de luminarias y climatización de cada una y determinar los respectivos cálculos tales como consumo energético, el COP, el EER, para de esta manera establecer que tan eficientes son los equipos actuales de acuerdo a las normas ASHRAE. Por último se propuso un sistema de luminarias y climatización en las sedes descritas, lo cual beneficiará a la Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt ya que podrá contar con un sistema eficiente, que le brindara confort, gastos de energía eléctrica menos elevados, y más solidario con el medio ambiente.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	1
Justificación del estudio.....	2
Problema de Investigación.....	2
Hipótesis de la Investigación.....	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
Tareas de Investigación.....	2
 Capitulo I Revisión Bibliográfica.....	 4
1.1 Consumo de energía en edificios públicos.....	4
1.2 Gestión energética en edificaciones.....	6
1.3 Estrategias para la mejora de la eficiencia energética en los edificios.....	7
1.4 Programas y Normativas: Experiencias Internacionales.....	13
1.5 Conclusiones parciales.....	20
 Capitulo II Estudio energético de edificaciones de la UNERBM.....	 22
2.1 Reseña histórica de la UNERMB.....	22
2.2 Descripción de las edificaciones objeto de estudio.....	23
2.3 Diagnóstico energético. Determinación de los sistemas, equipos y áreas de mayor incidencia en el consumo energético.....	27
2.4 Análisis comparativo.....	33
2.5 Identificación de oportunidades de ahorro.....	34
2.6 Conclusiones parciales.....	35
 Capitulo III Proyectos de mejora para disminuir los consumos energéticos de las edificaciones de la UNERMB.....	 37
3.1 introducción.....	37
3.2 Sustitución de aires acondicionados de baja eficiencia.....	37
3.3 Sustitución de luminarias de baja eficiencia.....	40
3.4 Conclusiones parciales.....	44
 Conclusiones Generales.....	 45
Recomendaciones.....	46
Anexos	
Referencias bibliográficas	

INTRODUCCIÓN

La lucha por un mundo mejor debe gestarse bajo la premisa de que los seres humanos tenemos el mismo derecho a la alimentación, a la salud y a la educación, pero también tomando en cuenta, que para garantizar estas necesidades fundamentales es preciso contar con el potencial energético requerido para elevar la calidad de estos recursos.

Actualmente se vive una problemática con respecto al consumo excesivo de los recursos energéticos no renovables, esto en relación a las predicciones respecto a la futura escasez de energía, aumentos en el costo de las fuentes de energía tradicionales, reservas cada vez más reducidas de combustibles nacionales y la falta de desarrollo suficiente de nuevas fuentes de energía, se hace necesario el estudio de la eficiencia energética en determinadas instituciones ya que esto ayudaría no solo a reducir la energía consumida, que en su mayoría es desperdiciada, sino también los costos elevados del consumo eléctrico.

En un planeta en el que las principales fuentes de energía (petróleo, carbón y gas natural) se encuentran en su mayoría en los países más pobres, resulta contradictorio que sean éstos los que menos acceso tengan a los servicios generados por dichos combustibles.

En Venezuela, todos los esfuerzos desarrollados por el Gobierno Bolivariano, liderado por el presidente Hugo Chávez, apuntan hacia una distribución más justa del potencial energético a través de una visión ambientalista. La meta es contribuir con la seguridad energética, el desarrollo socioeconómico y la integración de los países del Caribe, mediante el empleo soberano de los recursos energéticos. Todo esto, tomando en cuenta la protección del ambiente, ya que los procesos de conversión de los combustibles fósiles son altamente contaminantes.

Venezuela como miembro de la Organización de Países Exportadores de Petróleo y como país impulsor de un socialismo que pone de manifiesto la justicia social, está incorporada a esta batalla a través de lo que ha denominado la Misión Revolución Energética. Este programa persigue como objetivo principal la implantación de acciones de corto, mediano y largo plazo para promover el uso eficiente de la energía en todas las áreas de la vida cotidiana del ciudadano, de las instituciones y empresas del Estado y el sector privado, del sector comercial y de servicios. En esta primera fase se han implantado acciones desde el Sector Energético cuyo impacto se estima sea inmediato y permitan establecer una plataforma de gestión para la eficiencia, sólida y perdurable en el tiempo, que apoye la tarea de promoción de nuevos patrones de consumo en todos los niveles de la sociedad venezolana en el marco de los principios del socialismo del siglo XXI. (Bolívar & Henríquez, 2011)

Lo antes planteado nos hace notar que las universidades tienen el deber de impulsar el estudio de nuevas áreas del saber es por ello que, la Universidad Nacional Experimental "Rafael María Baralt" (UNERMB), en conjunto con la Universidad de Cienfuegos, en el marco del convenio entre Cuba y Venezuela, desarrollan el Programa de Maestría en Eficiencia Energética, destinado a todo el sector que se desempeña en el ámbito energético. En dicha maestría se están preparando los especialistas para

hacer un uso eficiente y racional de la energía, mediante la aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE).

Esta tecnología, según Borroto y otros (2007), consiste en un paquete de procedimientos, herramientas técnico-organizativo y software especializado que, aplicado de forma continua y con la filosofía de la gestión total de la calidad, permite establecer nuevos hábitos de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía, dirigido al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro, conservación y reducción de los costos energéticos en una organización.

En estudios previos realizados en las instalaciones de la UNERBM como parte del plan curricular de la Maestría se ha determinado que el consumo energético asociado a las edificaciones de las sedes principales es elevado y representa una parte significativa de los gastos corrientes de la organización, sin que la alta dirección de la organización cuente con un estudio energético de las mismas que permita identificar los problemas principales y establecer planes de acción adecuados.

Problema Científico:

La Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt “UNERMB” no cuenta con un estudio energético de sus edificaciones principales que permita identificar potenciales de ahorro y elaborar proyectos de mejora para disminuir los consumos energéticos de las mismas.

Objetivo General:

Desarrollar un estudio energético de las edificaciones principales de la UNERBM en sus diferentes sedes, identificar potenciales de ahorro y elaborar proyectos de mejora para disminuir los consumos energéticos de las mismas.

Objetivos Específicos:

1. Identificar la situación actual del consumo energético en edificaciones en el mundo y en Venezuela.
2. Caracterizar energéticamente las edificaciones y determinar los sistemas, equipos y áreas de mayor incidencia en el consumo energético.
3. Realizar análisis comparativo de las edificaciones objeto de estudio.
4. Identificar potenciales de ahorro.
5. Elaborar proyectos de mejora para disminuir los consumos energéticos de las edificaciones.
6. Evaluar técnica, económica y ambientalmente los proyectos de mejora propuestos.

Hipótesis:

Empleando las herramientas de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía es posible caracterizar energéticamente las edificaciones, determinar los sistemas, equipos y áreas de mayor incidencia en el consumo energético y elaborar proyectos de mejora para disminuir los mismos.

Capítulo I

1.1 Consumo de energía en edificios públicos

Cerca el 80% de la actividad humana se desarrolla en el interior de edificios y la mayor parte del tiempo restante en las ciudades, ya sea en los hogares, en el trabajo o en otras actividades. Los edificios tienen por objeto ser los intermediarios entre el hombre y el ambiente exterior, jugando el papel de amortiguadores para conseguir un ambiente interior seguro, saludable y confortable, independientemente de las condiciones exteriores.

La población mundial crece hoy a razón de 1.3 % por año y ya alcanza los 7000 millones de habitantes. Cada día se incorpora $\frac{1}{4}$ millón de personas al planeta, 76 millones más cada año, y el crecimiento se produce casi exclusivamente en los países menos desarrollados.

Por otra parte, hay una migración importante del campo a la ciudad. Si en 1950 había cuatro personas en el campo por una en la ciudad, hoy día el 50 % de la población mundial vive en ciudades, las que consumen el 75 % de la energía y emiten el 80 % gases de efecto invernadero.

El desarrollo de las ciudades y la vida urbana ha provocado un distanciamiento con la naturaleza. La arquitectura ha perdido en muchos casos sus antiguos vínculos con los materiales locales, tradiciones populares y su unidad con el entorno.

Los edificios en las ciudades son responsables del 40 % de las emisiones de CO₂, del 60 % del consumo de materias primas, del 50 % del consumo de agua y del 35 % de la generación de residuos y de la ocupación del suelo. La construcción como actividad contribuye a emisiones de otro 10 % a 20 % de CO₂ adicional.

Los edificios requieren cuantiosas cantidades de energía para iluminación, acondicionamiento térmico, transporte de personas, bombeo de agua y funcionamiento del equipamiento instalado en las diferentes áreas.

Por ejemplo, en los Estados Unidos de Norteamérica los edificios utilizan más del 30 % de toda la energía que se consume en el país, y más del 60 % de la electricidad, demandas que continúan creciendo.

En el caso de la Unión Europea los sectores residencial y terciario, constituidos esencialmente por viviendas y edificios, utilizan aproximadamente el 40% de la energía final de la región y son causantes de producir elevadas cantidades de CO₂.

Los edificios tienen un enorme impacto sobre el medio ambiente. Esos impactos ocurren durante todas las fases de la vida de un edificio, desde la construcción, a través de la operación y hasta el final de su vida durante la demolición.

El uso de energía en un edificio está determinado fundamentalmente por:

- sus características constructivas y ubicación,
- el clima del lugar
- el perfil de uso
- los servicios energéticos que se presten,
- el comportamiento de los ocupantes,
- el equipamiento tecnológico,
- y por la gestión del edificio.

Las tipologías de consumos analizadas en estas edificaciones son:

- Climatización (calefacción y refrigeración) y agua caliente sanitaria (incluye pequeños equipos de aire acondicionado)
- Iluminación
- Electrodomésticos y cocinas
- Equipos ofimáticos

La tipología de consumo varía en función del uso final del edificio, pudiendo corresponder éste a uso residencial o a sector servicios, presentando ambas tipologías una concentración superior al 75% de su consumo energético en Los dos primeros apartados de la lista anterior (iluminación, calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria).

En todos los países hay un enorme potencial para ahorrar energía en los edificios, tanto para la calefacción como para la refrigeración, reduciendo así el gasto energético de los propietarios y arrendatarios, las emisiones de CO₂ y la contaminación, y asegurando el suministro de energía para los próximos años.

Existe un gran potencial para ahorrar energía y reducir el impacto negativo sobre el medio ambiente en el conjunto de viviendas y edificios. Por ejemplo, en España el ahorro potencial se ha estimado en un 28%, alcanzable principalmente a través de la reforma de los edificios y de las instalaciones que utilizan la energía, y la mejora en la gestión y operación del edificio.

Históricamente, dentro de las prioridades en el diseño de los edificios se encuentran factores tales como accesibilidad, habitabilidad, confortabilidad, disponibilidad de servicios, etc., habiéndose olvidado en muchos casos el factor vinculado al consumo energético. Resulta necesario entonces buscar soluciones de diseño que vuelvan al edificio más eficiente energéticamente, desde el nivel de proyecto hasta su uso y eventual degradación y reutilización.

Factores que influyen en el consumo de energía de los edificios.

Los principales factores que influyen en el consumo de energía y la eficiencia energética de los edificios son:

- **El clima:** la temperatura exterior, la radiación solar, el número de horas de sol, etc.
- **La envolvente del edificio:** las características térmicas de los cerramientos que constituyen la capa envolvente del edificio, como son las fachadas, ventanas, cubierta y suelo.
- **Las condiciones de operación y funcionamiento del edificio:** las que incluyen las funciones para las que está destinado el edificio, las condiciones de confort que hay que mantener en su interior, el horario de funcionamiento, el número de ocupantes, la variabilidad de estos en el tiempo, los hábitos de los ocupantes, etc.
- **El rendimiento de las instalaciones térmicas y de la iluminación:** los rendimientos parciales de los equipos y los sistemas y la fuente de energía utilizada. (Borroto & Alvarez, 2012)

1.2 Gestión energética en edificaciones

Ramón Fernández en Sistema de Gestión y Pronóstico de Energía Eléctrica en la UCF, resalta que “ la gestión de energía en instituciones dedicadas a la educación y los servicios ha alcanzado gran importancia mundial, debido a su peso significativo dentro del consumo total de las ciudades, al

elevado precio de los combustibles, a las amplias posibilidades de ahorro que ofrecen, y a los incentivos económicos que las administraciones de las ciudades dan a las direcciones que implementan planes de ahorros de energía”.

Dentro del numeroso grupo de medidas que se han implementado para el ahorro de energía en instituciones destinadas a la educación y los servicios a nivel internacional las más comunes son:

- Regulación del horario de conexión de los equipos de climatización.
- Ajuste a la temperatura de confort.
- Seccionalización de los circuitos de alumbrado.
- Regulación del uso de la iluminación.
- Introducción de sistemas de iluminación eficientes.
- Desconexión automática de la iluminación y la climatización.
- Obligación de instalar equipamiento etiquetado como eficiente.
- Introducción de la categoría de edificios energéticamente eficientes.
- Manejo automatizado del consumo de energía en edificios inteligentes.
- Instalación de sistemas de bombeo más eficientes.
- Implantación de sistemas de gestión de energía.
- Implantación de sistemas de monitoreo y control de la energía eléctrica apoyados en sistemas computarizados. (Fernandez, 2007)

1.3 Estrategias para la mejora de la eficiencia energética en los edificios

Son muchas las oportunidades y las medidas que se pueden aplicar para reducir los consumos y costos energéticos en los edificios, tanto las de tipo técnico organizativo, que se pueden implementar sin costo o con costos marginales, como las que implican remodelaciones, cambios tecnológicos o instalación de nuevos equipos y sistemas de alta eficiencia, y que pueden requerir inversiones considerables.

Un programa de eficiencia energética en un edificio debe combinar medidas de ambos tipos, organizadas para su aplicación en el corto, mediano y largo plazo, comenzando, con la aplicación de aquellas de tipo organizativo que no requieran inversión.

De acuerdo a lo expresado anteriormente las estrategias a seguir para mejorar la eficiencia energética en los edificios se enmarcan en las siguientes direcciones:

1. Reducción de la demanda energética del edificio.
2. Mejora de la eficiencia energética en los equipos.
3. Sistemas de gestión y control del edificio.
4. Integración de energías renovables.
5. Sensibilización de los ocupantes.

1. Reducción de la demanda energética del edificio.

La demanda energética en los edificios está determinada fundamentalmente por las necesidades de climatización - aire acondicionado y/o calefacción - y, en menor medida, por la iluminación artificial y el equipamiento.

Por tanto, un aspecto esencial para reducir la demanda energética de los edificios a través de la disminución de las cargas de climatización, es la optimización de la envolvente, considerando su comportamiento durante todo el año en función de los requerimientos de protección solar, aislamiento térmico e iluminación natural.

Dentro de las principales acciones para reducir la demanda energética de los edificios están el uso de aislamiento térmico, la eliminación de puentes térmicos, el aprovechamiento solar térmico, el empleo de elementos de protección solar, la máxima utilización de la iluminación y la ventilación natural y el aprovechamiento de la inercia térmica de la edificación.

2. Mejora de la eficiencia energética en los equipos.

En primer lugar es necesario lograr la máxima eficiencia en los equipos de ventilación y climatización, por su peso en el consumo de energía, partiendo del concepto de que el objetivo de estos

sistemas no es calentar o acondicionar los espacios, sino climatizar y garantizar la higiene y el confort a las personas.

El uso de sistemas de iluminación eficientes, la sectorización de los circuitos y sistemas, la acumulación de energía térmica y la introducción de la cogeneración y trigeneración se incluyen además dentro de las alternativas para mejorar la eficiencia energética de las instalaciones.

Diversos estudios plantean que con la tecnología actual, se puede ahorrar hasta un 90% de la energía para calefacción y aire acondicionado.

3. Sistemas de gestión y control.

Muchas veces se subestima la influencia de la gestión en el consumo de energía y se absolutiza el papel del diseño del edificio y de las tecnologías eficientes. Aún en los edificios en los que se ha implementado todo un conjunto de proyectos técnicos de mejora de su eficiencia, se requiere de una gestión energética que garantice el aprovechamiento máximo y sostenido de las inversiones realizadas.

Un elemento básico para la gestión energética en los edificios es saber lo que consume, esto es, la monitorización de los consumos. Un sistema de gestión y control energético del edificio permite optimizar la energía entregada, de forma que ésta coincida exactamente con las necesidades estrictas.

La utilización de sistemas de control automático e inteligente de las instalaciones, empleando técnicas avanzadas de automatización y control, basadas en los avances de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, posibilita reducir sensiblemente el consumo energético de los edificios, manteniendo la calidad del aire interior y el confort.

4. Integración de energías renovables.

La integración de fuentes de energías renovables juega un papel fundamental en la lucha contra el cambio climático. Apostar por las energías renovables ya no tan solo es una cuestión ecológica, también es una oportunidad económica y de desarrollo. Las aplicaciones más comúnmente utilizadas en las edificaciones son:

- Solar térmica, para calefacción y agua caliente sanitaria, refrigeración solar, etc.

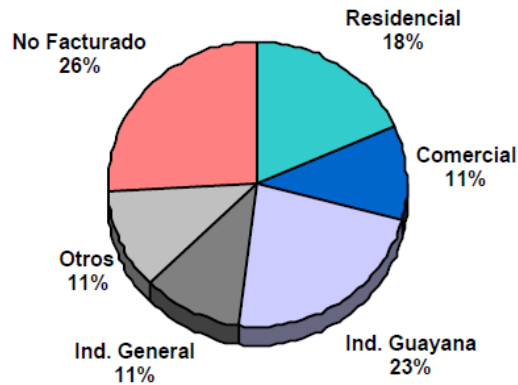
- Solar fotovoltaica, sistemas integrados al diseño arquitectónico, interconectados o no a la red eléctrica.
- Mini-eólica, generalmente como complemento a la fotovoltaica, suele tener un gran impacto simbólico.
- Geotermia, eficiente en casos de demandas equilibradas de frío / calor empleando bombas de calor.
- Biomasa, tecnología madura, pero que presenta barreras logísticas para el aseguramiento del suministro.

5. Sensibilización de los ocupantes.

Los usuarios del edificio deben estar sensibilizados con el uso racional de la energía y su importancia para la protección del medio ambiente, de otra manera de nada servirá la tecnología utilizada. El objetivo a lograr es que los ocupantes del edificio sean partícipes conscientes de las acciones de ahorro de energía, que reporten oportunamente el gasto innecesario de energía, el deficiente funcionamiento de los sistemas y equipos, y que generen y sugieran nuevas medidas y proyectos de ahorro de energía que puedan implementarse en su área o en el edificio en general. (Borroto & Alvarez, 2012)

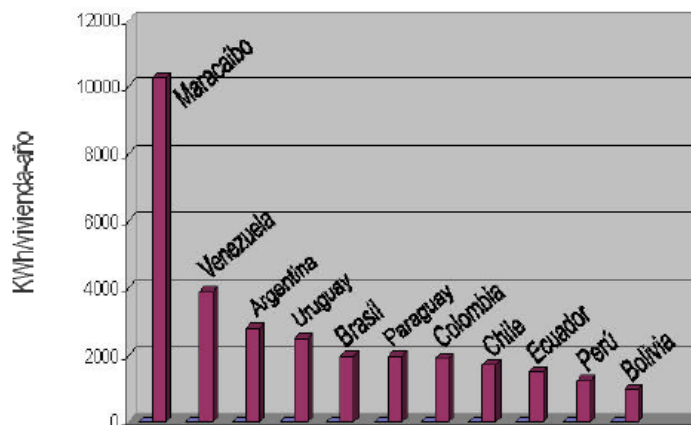
1.4 Situación del consumo energético asociado a edificaciones en Venezuela

Las edificaciones consumen un importante porcentaje de la energía a escala mundial. En Venezuela, según estadísticas realizadas en el año 2000 por la Cámara Venezolana de la Industria Eléctrica (CAVEINEL), los sectores residencial y comercial representan en conjunto 40% del consumo facturado (ver Grafica No.1). (Ministerio de Energía y Minas, 2000)



Grafica No. 1: Consumo facturado, año 2000

Por otra parte, en general nuestras edificaciones siguen patrones de diseño que requieren sistemas de acondicionamiento mecánico de gran consumo energético. Tal como lo muestra el cuadro 1, nuestro país es el mayor consumidor por habitante en Suramérica, destacándose la ciudad de Maracaibo como la de mayor índice en Venezuela.



Cuadro 1: Consumo residencial del año 1999 presentado por el Comité de Integración Energética Regional (CIER)

El mayor porcentaje de consumo energético en una edificación se produce a través de los sistemas de aire acondicionado y de iluminación (más del 60%, aunque este porcentaje varíe dependiendo con el uso: oficina, hotelero, residencial, gubernamental, educativo, etc.). Otras instalaciones y equipos también influyen en el consumo, aunque en menor proporción, tales como ascensores, motores y bombas de las instalaciones sanitarias, equipos de oficina, electrodomésticos, etc.

En el caso específico de oficinas la distribución porcentual del consumo por instalaciones y equipos se muestra en el gráfico 2. A partir del diagnóstico sobre el funcionamiento de las edificaciones en nuestro país, se han podido identificar varias causas del consumo excesivo: malos hábitos en la utilización de la energía, arquitectura inadecuada a las variables geoclimáticas, cambios de uso, aumento del número de ocupantes previstos en el diseño original, aumento de la demanda energética por cambios tecnológicos, uso de equipos e instalaciones inefficientes, esquema tarifario inadecuado a la demanda real, planes de mantenimiento deficientes, falta de regulaciones técnicas y legales en la industria de la construcción, etc.

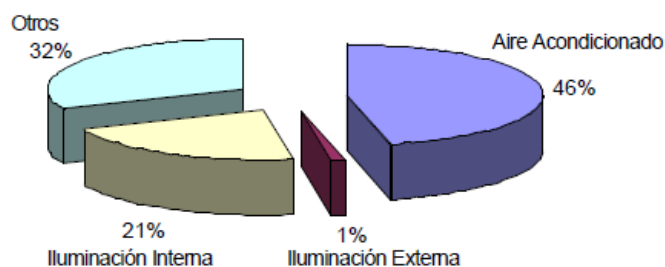


Gráfico 2: Distribución del consumo en oficinas

Un programa de ahorro de energía debe tomar en cuenta estas causas para aplicar las medidas correctivas necesarias, teniendo especial cuidado de no disminuir las condiciones de confort y productividad de los usuarios. (Ministerio de Energía y Minas, 2000)

1.5 Programas y Normativas: Experiencias Internacionales

La legislación sobre ahorro y eficiencia energética en edificaciones suele ser dispersa y tiene aún potencial de desarrollo. Cada día es más contundente la petición unánime desde las comunidades locales, regionales, nacionales e internacionales para que se utilicen sistemas de edificación que permitan el uso racional y eficiente de la energía.

A continuación se muestran algunos ejemplos de experiencias internacionales en este sentido.

Argentina

- Programa de Ahorro y Eficiencia Energética en Edificios Públicos (PROUREE): Promueve la incorporación de tecnologías adaptables a las distintas zonas climáticas y reglamentaciones específicas, además de procedimientos para el análisis de la eficiencia energética en edificios públicos.

Objetivos:

- Ahorrar y controlar el consumo de energía eléctrica y gas.
 - Capacitar al personal de la administración pública.
 - Conocer las instalaciones, equipos y modalidades de uso.
 - Normalizar los sistemas de gestión
 - Formular recomendaciones estandarizadas.
 - Implementar eficiencia energética en edificios.
-
- Programa Federal de Construcción Viviendas: Obliga la aplicación de las Normas IRAM (Instituto de Racionalización Argentino de Materiales) de acondicionamiento higrotérmico, incorporando el capítulo 5 de “Habitabilidad higrotérmica” en su manual de normas técnicas.
-
- Ley 13059/03 (Provincia Buenos Aires). Establece las condiciones de acondicionamiento térmico en la construcción de edificaciones de uso humano. Con el fin de elevar la calidad de vida de la población y obtener una economía de energía para su acondicionamiento establece que la construcción de edificios debe garantizar condiciones de habitabilidad higrotérmica, de higiene y de salubridad, que permitan obtener una reducción de costos en los consumos de energía de calefacción

y refrigeración y mejoras en la salud de sus habitantes y en la preservación del patrimonio edilicio y sus bienes. Para el resto del país las normas siguen siendo de uso voluntario.

Brasil

- Ley N° 10.295, de 17 de Octubre de 2001 (Ley de Eficiencia Energética) que dispone sobre la política nacional de conservación y uso racional de energía. Objetivo: desarrollar la eficiencia energética en el Brasil. Comprende la creación de un Comité Gestor de Indicadores y Niveles de Eficiencia Energética – CGIEE, el establecimiento de niveles mínimos de eficiencia energética y la creación de un “Grupo Técnico para Eficientización de Energía en las Edificaciones en el País” para elaborar los procedimientos y normas para evaluar la eficiencia energética en las edificaciones.
- El Programa Nacional de Eficiencia Energética en Edificios (PROCEL Edifica) establecido en 2003 por Eletrobrás/Procel. Promueve condiciones para el uso eficiente de la electricidad en los edificios, reduciendo el desperdicio de energía, materiales, y los impactos sobre el medio ambiente. El programa tiene como objetivos el desarrollo de un conjunto de proyectos destinados a invertir en tecnología y formación profesional, fomento de la investigación y el desarrollo de soluciones adaptadas a la realidad brasileña con el fin de reducir el consumo energético en los edificios; atraer a un número creciente de socios con los diferentes sectores de la construcción, la mejora de la calidad y la eficiencia de los edificios en Brasil; difusión de los conceptos y prácticas de bioclimática, mediante la inserción del conceptos del confort térmico y la eficiencia energética en la arquitectura y los cursos de ingeniería, la formación de una nueva generación de profesionales comprometidos con el desarrollo sostenible del país; y apoyar la implementación del Reglamento de la Ley de Eficiencia Energética (Ley 10.295/2001) con respecto a los edificios de Brasil.

Chile

- Programa País de Eficiencia Energética (PPEE, 2005). Objetivo: consolidar el uso eficiente como una fuente de energía, contribuyendo así al desarrollo energético sustentable de Chile. Funciones: Establecer las bases institucionales y el marco regulatorio para la eficiencia energética, desarrollar incentivos y herramientas de apoyo y posicionar el tema de la eficiencia energética.

- Programa de Eficiencia Energética en Edificios Públicos: Permite postular a instituciones públicas a la implementación de medidas de mejoras de eficiencia energética. Durante el año 2011 se seleccionarán 3 edificios públicos, a partir de auditorías energéticas realizadas anteriormente.
- Programa de Diseño de Nuevos Hospitales con Eficiencia Energética: Contempla la realización de diagnósticos y simulaciones para definir las medidas de mejora en la eficiencia energética de nuevos hospitales. Se implementarán proyectos piloto para medir y verificar los resultados.

Colombia

- La eficiencia energética se reguló como una prioridad nacional a través de la “Ley de la Promoción de la Eficiencia Energética y las Energías Renovables”. Provee de un marco regulatorio para diseñar e implementar el “Programa Nacional para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y para las Energías Renovables”(PROURE)”. Exige al Estado: establecer condiciones legales, técnicas, económicas y financieras, incluyendo incentivos financieros; promover proyectos de Eficiencia Energética y Energías Renovables; promover la investigación en EE y desarrollar estrategias para sensibilizar a los ciudadanos y ciudadanas en relación a la Eficiencia Energética.
- Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía no Convencionales (PROURE). Estructurado en cuatro etapas fundamentales cuyos ejes temáticos están orientados a la consolidación de una cultura para el manejo sostenible y eficiente de los recursos naturales a lo largo de toda la cadena energética, construir las condiciones económicas, técnicas, regulatorias y de información para impulsar un mercado de bienes y servicios energéticos eficientes, fortalecer las instituciones e impulsar la iniciativa empresarial de carácter mixto o de capital social para el desarrollo de subprogramas y proyectos de Eficiencia Energética, y finalmente facilitar la aplicación de normas relacionadas con los incentivos, incluyendo los tributarios, que impulsen el desarrollo de proyectos que hagan parte del PROURE.
- Subprogramas Edificaciones arquitectónicas y equipamiento asociado para el URE y Normalización, Acreditación, Certificación y Etiquetado de Equipos de Uso Final de Energía

implementado por el Ministerio de Minas y Energía, la Unidad de Planeación Minera Energética y el Ministerio de Industria y Comercio.

Cuba

- Programa de Uso Racional de la Energía en el Sector Residencial: Comprende la sustitución de iluminación con bombillos incandescentes, cambio de electrodomésticos ineficientes, modificación de la tarifa eléctrica y sustitución de módulos de cocción de alimentos
- Programa de Uso Racional de la Energía en Edificios No Residenciales: Comprende el cambio de bombas de suministro de agua, sustitución de lámparas de 40 W por 32 W, ejecución de supervisiones energéticas y planificación y control del consumo de electricidad según índices de consumo.
- Norma Cubana 220 Edificaciones: Requisitos de diseño para la eficiencia energética. Norma de uso obligatorio para todos los nuevos proyectos de edificaciones que integra aspectos como la envolvente del edificio, potencia eléctrica y alumbrado, ventilación y aire acondicionado, suministro de agua caliente y administración de energía.
- Reglamento Técnico de Eficiencia Energética para los equipos de uso final de energía eléctrica importados o fabricados en el país.

Ecuador

- El Plan Nacional del Buen Vivir (2009-2013) establece dentro de sus estrategias “La producción, transferencia y consumo de energía debe orientarse radicalmente a ser ambientalmente sostenible a través del fomento de energías renovables y eficiencia energética”.
- Plan de Acción de Energía Sostenible para el Ecuador PROYECTO PAES: Comprende actuaciones como establecimiento de metodología y software para elaborar y actualizar la matriz de usos de energía en los sectores residencial e industrial, definición de un Plan de Ahorro de Energía para los Sectores Residencial, Público e Industrial basado en experiencias exitosas, el estudio de barreras e

instrumentos para promoción de la eficiencia energética, energía renovable y bioenergía y la capacitación en reducción de emisiones de efecto invernadero y mercados de carbono.

España

- El cambio en el marco normativo producido por la aprobación de la Directiva Europea de Eficiencia Energética en Edificación, 2002/91/CE y su traslado a la legislación española se ha expresado en la aprobación del Código Técnico de Edificación, la modificación Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y la introducción de la Certificación Energética de Edificios.
- El Código Técnico de la Edificación es el marco normativo que fija las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones, que permiten el cumplimiento de los requisitos básicos de la edificación establecidos en la Ley de Ordenación de la Edificación con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad y la protección del medio ambiente. Dentro del apartado de habitabilidad, el Código Técnico de la Edificación incluye el Documento básico del Ahorro de Energía (DB HE) que tiene como objetivo conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo su consumo energético y utilizando para ello fuentes de energía renovable. En él se establecen las exigencias en eficiencia energética y energías renovables que deberán cumplir los nuevos edificios y los que sufran una rehabilitación significativa.
- El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) constituye el marco normativo básico en el que se regulan las exigencias de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas (aparatos de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria) en los edificios para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas.
- El Real Decreto 47/2007 implementa la Certificación Energética de Edificios. Esta certificación permite medir de manera global la demanda y eficiencia energética de los edificios de nueva construcción, así como, a ciertos tipos de reformas en edificios. El Certificado se emite tanto en el

momento de ser proyectados los edificios como después de ser construidos, e irá acompañado de una "Etiqueta de Eficiencia Energética", similar a las utilizadas en otros productos de consumo doméstico, como electrodomésticos, lámparas y vehículos.

E.E.U.U.

- Energy Star es un programa de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos creado en 1992 para promover los productos eléctricos con consumo eficiente de electricidad, reduciendo de esta forma la emisión de gas de efecto invernadero por parte de las centrales eléctricas.
- La aplicación para edificaciones denominada ENERGY STAR Qualified Homes ha tenido varias versiones 1 (1995-2005), 2 (2006-2011) y 3 (prevista para 2011-2012).
- Utiliza metodologías para crear índices de eficiencia energética y establece una calificación de 1 a 100 para los tipos de espacios disponibles mediante la introducción de características de construcción, tales como metros cuadrados y las horas semanales de operación y los datos mensuales de consumo de energía. Este proceso se conoce como benchmarking, y revela cómo el consumo energético de los edificios se compara con la de otros edificios similares del mismo tipo de espacio, en base a un promedio nacional. La obtención de una calificación de 75 o más es el primer paso para lograr la calificación ENERGY STAR para un edificio.

México

- Norma de Eficiencia Energética en Edificaciones.- Envolvente de Edificios para uso habitacional (NOM-020-ENER-2011). Esta norma aplica a todas las edificaciones nuevas para uso habitacional y las ampliaciones de las edificaciones existentes. Regula la construcción de edificaciones y persigue reducir el consumo de energía de las viviendas un 25% promedio por concepto de acondicionamiento de aire. Tiene como objetivo limitar la ganancia de calor de los edificios para uso habitacional a través de su envolvente, racionalizando con ello el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento. Requiere para las edificaciones de uso habitacional un aislamiento térmico apropiado e incluye un tratamiento especial de las ventanas y los tragaluces. Con esto, se

obliga a diseñar las nuevas edificaciones con un componente de eficiencia energética, utilizando los materiales adecuados y tomando en cuenta los efectos de la temperatura e insolación.

- Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE) 2009-2012: establece como uno de sus objetivos el reducir el consumo de energía por acondicionamiento de ambientes en las edificaciones.

Panamá

- Programa de Eficiencia Energética. Misión: Apoyar la transformación del mercado de equipos, servicios y financiamiento hacia una condición sostenible en el campo de la eficiencia energética y concientizar a los usuarios sobre las ventajas y beneficios de hacer un uso eficiente de la energía.
- Algunas de las principales líneas de acción de eficiencia energética contempladas en el Programa anterior son la adopción de normas para la fabricación/ importación de equipos eficientes y para edificación eficiente.

Perú

- Plan Referencial de Eficiencia Energética 2009-2018.
- Han publicado mapa de zonas climáticas del Perú y recomendaciones de diseño y construcción para edificaciones bioclimáticas y con eficiencia energética
- Está en elaboración la Norma de Construcción Bioclimática con Eficiencia Energética.

Unión Europea

- La UE tiene dos directivas clave para hacer frente al reto del consumo energético en las edificaciones: la Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios (2002/91/CE) y la Directiva de Eficiencia Energética del Uso Final y Servicios Energéticos (2006/32/CE).
- La Directiva 2002/91/CE, obligatoria para todos los Estados miembros de la UE a partir de enero de 2006, pretende reducir al mínimo el consumo de energía en los estándares de los edificios europeos.

- Algunas de las medidas son: una metodología común para calcular el rendimiento energético de un edificio, unos estándares mínimos para los edificios nuevos y las rehabilitaciones importantes, una inspección regular de los sistemas de aire acondicionado y calefacción y un sistema de certificación de edificios que manifieste los niveles de consumo de energía para los dueños y arrendatarios.
- Su objetivo fundamental es la promoción de la eficiencia energética, mediante la información objetiva que obligatoriamente se ha de proporcionar a los compradores y usuarios en relación con las características energéticas de los edificios.
- Según dicha normativa, la certificación energética es de obligado cumplimiento para edificios de nueva construcción y para las modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes, con una superficie útil superior a 1.000 m² donde se renueve más del 25 % del total de sus cerramientos.
- En este certificado, y mediante una etiqueta de eficiencia energética, se asigna a cada edificio una Clase Energética de eficiencia con diferentes denominaciones.

Venezuela

- Ordenanza sobre Calidad Térmica de Edificaciones en el Municipio Maracaibo. Define un límite del Valor de Transferencia Térmica Global (VTTG) de techo y paredes con el fin de procurar condiciones térmicas confortables y reducir el consumo de energía eléctrica por uso de aire acondicionado. (Borroto & Alvarez, 2012)

CONCLUSIONES PARCIALES

1. Diversos estudios muestran que en el balance energético mundial el sector de las edificaciones es responsable del 40 % de las emisiones de CO₂, del 60 % del consumo de materias primas, del 50 % del consumo de agua y del 35 % de la generación de residuos y de la ocupación del suelo.

Los edificios requieren cuantiosas cantidades de energía para iluminación, acondicionamiento térmico, transporte de personas, bombeo de agua y funcionamiento del equipamiento instalado en las diferentes áreas,

2. Los principales factores que influyen en el consumo de energía y la eficiencia energética de los edificios son: el clima, la envolvente, las condiciones de operación y funcionamiento y el rendimiento de las instalaciones térmicas y de la iluminación.
3. A nivel global se ha identificado un enorme potencial para ahorrar energía en los edificios, tanto para la calefacción como para la refrigeración, reduciendo así el gasto energético de los propietarios y arrendatarios, las emisiones de CO₂ y la contaminación, y asegurando el suministro de energía para los próximos años.
4. Dentro del sector de las edificaciones las instituciones dedicadas a la educación y los servicios han alcanzado gran importancia mundial, debido a su peso significativo dentro del consumo total de las ciudades, al elevado precio de los combustibles, a las amplias posibilidades de ahorro que ofrecen, y a los incentivos económicos que las administraciones de las ciudades dan a las direcciones que implementan planes de ahorros de energía.
5. Las estrategias a seguir para mejorar la eficiencia energética en los edificios se enmarcan en las siguientes direcciones: reducción de la demanda energética, mejora de la eficiencia energética en los quipos, sistemas de gestión y control, integración de energías renovables y sensibilización de los ocupantes.
6. En Venezuela se han identificado como causas del consumo excesivo del sector edificaciones: los malos hábitos en la utilización de la energía, arquitectura inadecuada a las variables geoclimáticas, cambios de uso de la edificación, aumento del número de ocupantes previstos en el diseño original, aumento de la demanda energética por cambios tecnológicos, uso de equipos e instalaciones ineficientes, esquema tarifario inadecuado a la demanda real, planes de mantenimiento deficientes y falta de regulaciones técnicas y legales en la industria de la construcción, etc.

Capítulo II Estudio energético de edificaciones de la UNERMB.

2.1 Reseña histórica de la UNERMB

La Universidad Nacional Experimental “Rafael María Baralt” es una institución de educación superior enclavada en la costa oriental del Lago de Maracaibo, que tiene como misión impulsar el desarrollo de la subregión a través de la preparación de profesionales para la industria; asimismo colabora con las comunidades en su crecimiento cultural y social.

Esta institución nace en el gobierno del Dr. Luis Herrera Campins con el Decreto Presidencial N° 1435, promulgado el 15 de Marzo de 1982, asignándole personalidad jurídica y patrimonio propio. Su sede principal se ubica en la ciudad de Cabimas.

El 20 de Julio del mismo año, Ricardo Hernández Ibarra, Guillermo Bravo, Edgar Vinicio Nava y Carlos Rodríguez Castañeda, son juramentados como Rector, Vicerrector Académico, Vicerrector Administrativo y Secretario, respectivamente. El 24 de Octubre de 1983, se inician formalmente las actividades académico – docentes.

El Proyecto Gerencia Industrial marca el inicio de la docencia activa, dicho proyecto se inicia con 120 alumnos y 15 profesores; en abril de 1984, 150 alumnos se inscriben en el Proyecto de Profesionalización Docente y la universidad comienza a crecer. En 1986 los Programas de Post-Grado e Investigación conforman parte de la estructura Académico – Docente de la Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt.

A inicios de 1988 se inició un proceso de consolidación institucional que trasciende las metas primarias de esta casa de estudios superiores de la Costa Oriental del Lago. La matrícula aumenta geométricamente y de 370 estudiantes inscritos en su primer año, hoy cuenta con aproximadamente 10.400 entre Pre y Post Grado y una planta docente cercana a los 600.

Ese mismo año el Programa de Ingeniería de Mantenimiento comienza sus actividades con 100 alumnos y se abren las sedes Ciudad Ojeda, Los Puertos de Altagracia y Mene Grande.

En la actualidad su misión y visión se plantean como:

Misión

La Universidad Nacional Experimental "Rafael María Baralt" es una institución con presencia en la región zuliana y estados circunvecinos , que a través de la docencia, investigación y extensión logra la transformación y desarrollo de la sociedad venezolana; por medio de procesos académicos y administrativos, basados en los principios de equidad, inclusión, justicia, respeto, cooperación, participación, calidad, pertinencia y formación integral; representando de esta manera la Universidad Social de Venezuela.

Visión

Consolidar la transformación de valores individuales y sociales apoyados en un sistema educativo de calidad que garantice la accesibilidad del conocimiento para todos y todas, orientados al desarrollo científico, cultural y humanístico integral. (Africano & Suárez, 2011)

2.2 Descripción de las edificaciones principales.

En la actualidad la UNERBM posee sedes en las principales ciudades de la costa oriental del lago: Cabimas, Ciudad Ojeda y los Puertos de Altagracia donde se ofertan los siguientes programas:

- Cabimas, Sede Los Laureles: Programa de Profesionalización Docente (PPD), Programa Gerencia Industrial (PGI) y Programa Matemática y Física (PMF).
- Ciudad Ojeda: Programa de Profesionalización Docente (PPD), Programa Gerencia Industrial (PGI), Programa Matemática y Física (PMF), Programa Ingeniería en Mantenimiento Mecánico (PIMM) y Programa Ingeniería en Gas (PIG).
- Los Puertos de Altagracia: Programa de Profesionalización Docente (PPD), Programa Gerencia Industrial (PGI), Programa Ingeniería en Mantenimiento Mecánico (PIMM) y Programa Ingeniería en Gas (PIG).

Para la realización de este estudio se consideraran los edificios de estas tres sedes principales.

2.2.1. Edificio Sede Los Laureles, localidad Cabimas.

Este edificio cuenta con planta baja y dos pisos superiores. Las aulas están dispuestas en la periferia del edificio y en la zona central se ubica el patio de ventilación. La construcción es de 4800 m² con ventanas de vidrio y techado de placa (concreto). El área climatizada corresponde a las aulas, oficinas y otras dependencias administrativas.

Datos generales:

Parámetro	Unidad Medida	Valor
Superficie total construida	m ²	4800
Superficie total climatizada	m ²	2731,70
Superficie vidriada exterior	m ²	1564
Número de pisos:	u	3
Número de habitaciones	u	42
Número ocupantes	u	1655

Tabla No1

En el anexo 1 se detallan los datos generales del edificio, la distribución por locales y el uso previsto para cada uno de los locales.



Figura No1 UNERMB-Sede Cabimas

2.2.2. Edificio Sede Ciudad Ojeda, localidad Ciudad Ojeda.

Este edificio cuenta con 2 módulos de una sola planta baja de 1449 m². Las aulas están dispuestas a lo largo del módulo conectadas por un pasillo exterior longitudinal. La construcción es de bloque gris y cemento con ventanas de vidrio corridas a todo lo largo de la pared exterior y techado de placa (concreto). El área climatizada corresponde a 1022,55 m², la que comprende aulas, oficinas y otras dependencias administrativas.

Datos generales:

Parámetro	Unidad Medida	Valor
Superficie total construida	m ²	1449
Superficie total climatizada	m ²	1022,55
Superficie vidriada exterior	m ²	244,32
Número de pisos:	u	1
Número de habitaciones	u	38
Número ocupantes	u	2806

Tabla No2

En el anexo 2 se detallan los datos generales del edificio, la distribución por locales y el uso previsto para cada uno de los locales.



Figura No. 2 UNERMB-Sede C. Ojeda

2.2.3. Edificio Sede Los Puertos de Altagracia, localidad Los Puertos de Altagracia.

Este edificio de 3600 m² cuenta con 4 módulos similares, cada uno con planta baja y un piso superior. Las aulas están dispuestas a lo largo del modulo conectadas por un pasillo exterior longitudinal. La construcción es de bloques gris y cemento con ventanas de vidrio y techado de zinc. El área climatizada corresponde a las aulas, oficinas y otras dependencias administrativas.

Datos generales:

Parámetro	Unidad Medida	Valor
Superficie total construida	m ²	3600
Superficie total climatizada	m ²	2193,59
Superficie vidriada exterior	m ²	221,88
Número de pisos:	u	2
Número de habitaciones	u	39
Número ocupantes	u	2430

Tabla No.3

En el anexo 3 se detallan los datos generales del edificio, la distribución por locales y el uso previsto para cada uno de los locales.



Figura No. 3 UNERMB-Sede Los Puertos de Altagracia

2.3 Diagnóstico energético de las edificaciones.

Dando continuidad al estudio se realizan estudios de diagnóstico energético en las tres edificaciones objeto de estudio. A partir de la recopilación de información relevante de los años 2010 y 2011 sobre el consumo de portadores energéticos, características constructivas de las edificaciones, patrones de ocupación, censo de equipamiento tecnológico (aires acondicionados), iluminación y equipos de procesamiento de datos, se realiza la caracterización energética de cada una de las edificaciones y se calculan los índices de eficiencia energética más usuales.

2.3.1. Resultados diagnóstico energético Edificio Sede Los Laureles.

Parámetro	Unidad Medida	Valor
Consumo eléctrico promedio mensual	kWh/mes	75833
Consumo eléctrico debido a climatización	%	81
Consumo eléctrico debido a iluminación	%	13
Consumo eléctrico debido a equipos computación	%	6
Índice de consumo por metro cuadrado edificado	kWh/m ²	15,79
Índice de consumo por metro cuadrado climatizado	kWh/m ²	27,96
Índice de consumo por ocupante	kWh/ocupantes	45,82

Tabla No.4

En el anexo 1 se detallan los datos de consumo mensual de los años 2010 y 2011, así como la distribución de cargas eléctricas por iluminación, climatización y equipos de cómputo (Figura No.4)

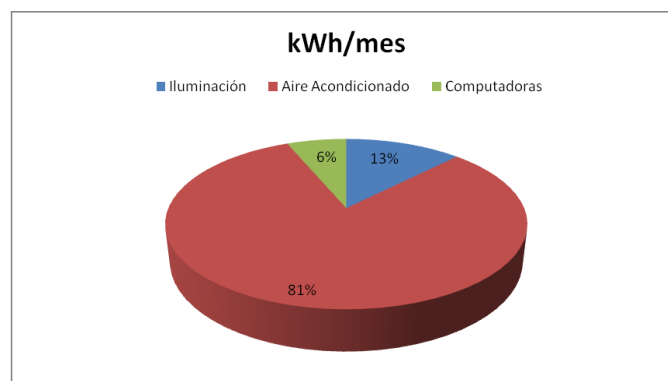


Figura No.4

Sistemas de climatización:

La tabla siguiente resume los equipos de climatización existentes y los resultados de la evaluación energética de los mismos, realizada a partir de datos experimentales y cálculos termodinámicos realizados con la ayuda del software Coolpack, realizado por el Departamento de Ingeniería Energética de la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU).

La clasificación en clases de eficiencia energética se realizó a partir del proyecto de norma “Acondicionadores de Aire. Requisitos Técnicos y Etiquetado de Eficiencia Energética”, cuyo proceso de discusión se inició en el mes de enero de 2012, en el marco del sub-comité técnico de eficiencia energética del FODENORCA.

El alcance de esta norma comprende los requisitos técnicos, métodos de ensayo, características e información de la etiqueta de Eficiencia Energética para los acondicionadores de aire que se comercializan en el país y se aplicará a los acondicionadores de aire, con condensador enfriado por aire y que posean una capacidad de refrigeración hasta 35 kW (120.000 BTU/h) inclusive.

Este proyecto establece los siguientes rangos para el etiquetado energético (ver tabla No.5 y Tabla No.6):

Clase de Eficiencia Energética	Razón Eficiencia Energética EER (W/W)
A	$EER > 3,22$
B	$3,10 < EER < 3,22$
C	$2,90 < EER < 3,10$
D	$2,60 < EER < 2,90$
E	$2,30 < EER < 2,60$
F	$2,20 < EER < 2,30$

Tabla No5

Resumen Diagnóstico Equipos de Climatización Edificio Sede Los Laureles.				
Tipo	Número Equipos	EER	Clase Eficiencia	Observaciones

		(W/W)	Energética	
Split	20	2,70	D	
	4	2,58	E	
	1	1,64	-	No cumple valor mínimo EER
Consola	10	2,85	D	
Ventana	5	2,27	F	
TOTAL	40			

Tabla No.6

Sistemas de iluminación

La tabla siguiente resume los equipos de iluminación existentes y los resultados de la evaluación energética de los mismos, realizada a partir de datos de chapa y cálculos realizados.

Resumen Diagnóstico Equipos de Iluminación Edificio Sede Los Laureles			
Tipo	Número Equipos	Consumo	Observaciones
Lámpara Fluorescente T12	504	40 W	Sistema obsoleto, según Resolución 003 MPPEE

Tabla No.7

2.3.2. Resultados diagnóstico energético edificio Sede Ciudad Ojeda.

Parámetro	Unidad Medida	Valor
Consumo eléctrico promedio mensual	kWh/mes	37975
Consumo eléctrico debido a climatización	%	80
Consumo eléctrico debido a iluminación	%	16
Consumo eléctrico debido a equipos computación	%	4
Índice de consumo por metro cuadrado edificado	kWh/m ²	26,20
Índice de consumo por metro cuadrado climatizado	kWh/m ²	37,3
Índice de consumo por ocupante	kWh/ocupantes	13,53

Tabla No.8

En el anexo 2 se detallan los datos de consumo mensual de los años 2010 y 2011, así como la distribución de cargas eléctricas por iluminación, climatización y equipos de cómputo (Figura No.),

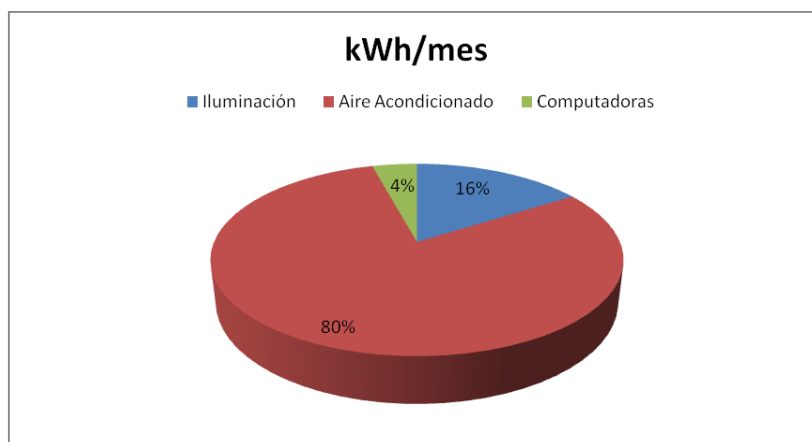


Figura No.5

Sistemas de climatización:

La tabla siguiente resume los equipos de climatización existentes y los resultados de la evaluación energética de los mismos, realizada a partir de datos experimentales y cálculos termodinámicos realizados con la ayuda del software Coolpack, realizado por el Departamento de Ingeniería Energética de la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU).

Resumen Diagnóstico Equipos de Climatización Edificio Sede Ciudad Ojeda.				
Tipo	Número Equipos	EER (W/W)	Clase Eficiencia Energética	Observaciones
Split	11	2,81	D	
	3	2,43	E	
Consola	9	3,13	C	
Ventana	5	2,43	E	
	5	2,69	D	
	5	2,18	-	No cumplen valor mínimo EER
TOTAL	38			

Tabla No.9

Sistemas de iluminación

La tabla siguiente resume los equipos de iluminación existentes y los resultados de la evaluación energética de los mismos, realizada a partir de datos de chapa y cálculos realizados.

Resumen Diagnóstico Equipos de Iluminación Edificio Sede Ciudad Ojeda.			
Tipo	Número Equipos	Consumo	Observaciones
Lámpara Fluorescente T12	456	40 W	Sistema obsoleto, según Resolución 003 MPPEE

Tabla No.10

2.3.3. Resultados diagnóstico energético edificio Sede Los Puertos de Altagracia.

Parámetro	Unidad Medida	Valor
Consumo eléctrico promedio mensual	kWh/mes	47090
Consumo eléctrico debido a climatización	%	78
Consumo eléctrico debido a iluminación	%	17
Consumo eléctrico debido a equipos computación	%	5
Índice de consumo por metro cuadrado edificado	kWh/m ²	13,08
Índice de consumo por metro cuadrado climatizado	kWh/m ²	21,46
Índice de consumo por ocupante	kWh/ocupantes	19,36

Tabla No. 11

En el anexo 3 se detallan los datos de consumo mensual de los años 2010 y 2011, así como la distribución de cargas eléctricas por iluminación, climatización y equipos de cómputo. (Figura No. 6).

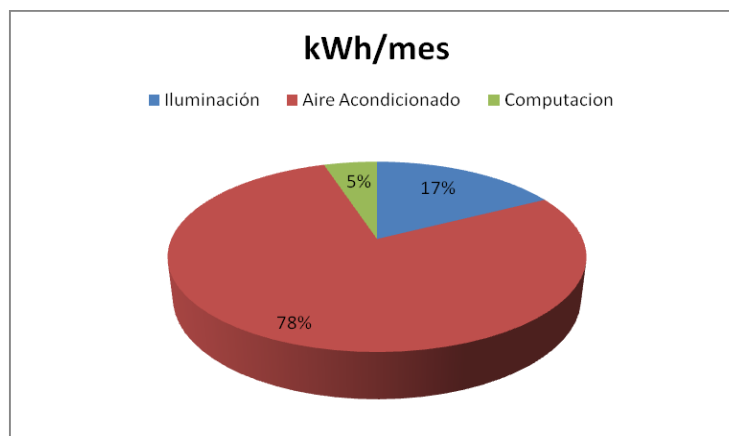


Figura No 6

Sistemas de climatización:

La tabla No. 12 resume los equipos de climatización existentes y los resultados de la evaluación energética de los mismos, realizada a partir de datos experimentales y cálculos termodinámicos realizados con la ayuda del software Coolpack, realizado por el Departamento de Ingeniería Energética de la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU).

Resumen Diagnóstico Equipos de Climatización Edificio Sede Los Puertos de Altagracia				
Tipo	Número Equipos	EER (W/W)	Clase Eficiencia Energética	Observaciones
Split	7	2,30	F	
	10	2,46	E	
	4	2,82	D	
	3	2,13	-	No cumplen valor mínimo EER
Consola	3	2,59	E	
	1	2,30	F	
Ventana	9	2,35	E	
	3	2,21	F	
TOTAL	40			

Tabla No. 12

Sistemas de iluminación

La tabla No. 13 resume los equipos de iluminación existentes y los resultados de la evaluación energética de los mismos, realizada a partir de datos de chapa y cálculos realizados.

Resumen Diagnóstico Equipos de Iluminación Edificio Sede Los Puertos de Altagracia.			
Tipo	Número Equipos	Consumo	Observaciones
Lámpara Fluorescente T12	468	40 W	Sistema obsoleto, según Resolución 003 MPPEE

Tabla No. 13

2.3.4. Determinación de los sistemas, equipos y áreas de mayor incidencia en el consumo energético.

A partir de los resultados del diagnóstico energético realizado en el apartado anterior se identifican como sistemas de mayor consumo energético los siguientes:

1. Climatización: En todas las sedes se comprueba estos sistemas son responsables del 78 al 80 % del consumo energético.
2. Iluminación: En todas las sedes se comprueba estos sistemas son responsables del 13 al 17 % 5 del consumo energético.

Los equipos de mayor incidencia en el consumo energético por cada sistema han sido detallados en las tablas anteriores.

2.4 Análisis comparativo.

La tabla siguiente muestra el resumen del diagnóstico energético realizado.

Parámetro	Unidad Medida	Sede Cabimas	Sede Ciudad Ojeda	Sede Los Puertos
Consumo eléctrico promedio mensual	kWh/mes	75833	37975	47090
Consumo eléctrico debido a climatización	%	81	80	78
Consumo eléctrico debido a iluminación	%	13	16	17
Consumo eléctrico debido a equipos computación	%	6	4	5
Índice de consumo por metro cuadrado edificado	kWh/m ²	15,79	26,20	13,08
Índice de consumo por metro cuadrado climatizado	kWh/m ²	27,96	37,3	21,46
Índice de consumo por ocupante	kWh/ocupantes	45,82	13,53	19,36

Tabla No. 14

De acuerdo con esta información podemos concluir que:

- La sede con mayor incidencia en el consumo eléctrico es Cabimas siguiéndole la sede de los Puertos de Altagracia y por ultimo Ciudad Ojeda.
- En todos los casos el consumo eléctrico debido a climatización es el mayor, siguiéndole en orden de magnitud la iluminación y los equipos de computación.

- La sede de Ciudad Ojeda presenta el índice de consumo por metro cuadrado edificado.
- Al comparar el índice de consumo por metro cuadrado climatizado y por ocupante resulta que el mayor índice lo ocupa la sede de Cabimas, siguiéndole la sede de Los puertos y ocupando el último lugar la sede de Ciudad Ojeda

2.5 Identificación de las oportunidades de ahorro

A partir de los resultados del diagnóstico energético realizado en el apartado anterior se identifican como principales oportunidades de ahorro las siguientes:

1. Sustitución de equipos de aire acondicionado de baja eficiencia energética por otros de mejores prestaciones.

En Venezuela existen experiencias en este tipo de acciones, por ejemplo, los programas Plan de Sustitución de Aires Acondicionados de CORPOELEC y la Misión "Mi Casa Bien Equipada".

También, en el plano normativo, la Resolución 002 conjunta del Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica y el de Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias obliga a que, en caso de reposición de equipos tipo ventana, mini-split, consola y split, se adquieran equipos con una razones de eficiencia energética (EER o SEER) mínimas acorde a estándares internacionales.

Estudios de CORPOELEC-COL (Duran, 2012) muestran que en el Zulia el EER promedio (Btu/kWh) de los equipos instalados es 5, aun cuando existen en el mercado local unidades de ventana con eficiencia 10, y centrales superiores a 12 que pueden consumir hasta un 60% menos energía.

De acuerdo con el diagnóstico energético realizado se identifican los equipos de aire acondicionado que no cumplen la propuesta de norma y cuya sustitución por otros de eficiencia energética superior representa un potencial de ahorro (Ver tabla No.15):

Equipos de Climatización de Baja Eficiencia				
Tipo	Número Equipos	EER (W/W)	Capacidad Frigorífica (kW)	Sede
Split	1	1,64	28,13	Los Laureles
	3	2,13	7,03	Los Puertos
Ventana	5	2,18	17,58	Ciudad Ojeda
TOTAL	8	-		

Tabla No. 15

2. Sustitución de sistemas de iluminación de alto consumo energético.

También existen experiencias al respecto en Venezuela, como el Programa de Sustitución de Bombillos Incandescente por Bombillos Ahorradores de Energía, desarrollado desde 2006 hasta la fecha en 5 fases.

En el plano normativo, la Resolución 77 del MPPEE del 10 de junio de 2011 establece, en su artículo 4, como actividades y medidas de obligatorio cumplimiento dirigidas a la disminución del consumo de energía eléctrica en edificaciones e instalaciones públicas, la prohibición del uso de lámparas o bombillas incandescentes o halógenos, las cuales deben ser sustituidas por lámparas o bombillas ahorradoras y la sustitución de todos los tubos fluorescentes de tipo T12 (40W o 20W) por tubos fluorescentes tipo T8 (32W o 17W) (MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA ENERGÍA ELÉCTRICA. RESOLUCIÓN 77, 2011)

2.6 Conclusiones parciales.

1. La UNERBM cuenta en la actualidad con sedes en las principales ciudades de la costa oriental del Lago de Maracaibo: Cabimas, Ciudad Ojeda y los Puertos de Altagracia, cuyas edificaciones son las más importantes por la cantidad de programas ofrecidos, área total construida y consumo energético.
2. Utilizando las herramientas de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía se realizó la caracterización y diagnóstico energético en las tres edificaciones objeto de estudio, determinándose el consumo de portadores energéticos, las características constructivas de las

edificaciones, los patrones de ocupación y el censo de equipamiento tecnológico (aires acondicionados), iluminación y equipos de procesamiento de datos.

3. El análisis comparativo de las edificaciones objeto de estudio se realiza sobre la base de indicadores de eficiencia tales como: índice de consumo por metro cuadrado edificado, índice de consumo por metro cuadrado climatizado e índice de consumo por ocupante.
4. Los resultados obtenidos muestran que la sede con mayor incidencia en el consumo eléctrico es Cabimas siguiéndole la sede de los Puertos de Altagracia y por último Ciudad Ojeda. En todos los casos el consumo eléctrico debido a climatización es el mayor, siguiéndole en orden de magnitud la iluminación y los equipos de computación.
5. Los sistemas de mayor incidencia en el consumo energético resultaron: el sistema de iluminación con lámparas fluorescentes tipo T12 de 40 W y el sistema de climatización.
6. Se identifican como principales oportunidades de ahorro y uso racional de la energía la sustitución de equipos de aire acondicionado de baja eficiencia energética por otros de mejores prestaciones y la sustitución de sistemas de iluminación de alto consumo energético.

Capítulo III Proyectos de mejora para disminuir los consumos energéticos de las edificaciones de la UNERBM.

3.1 Introducción.

A partir de los resultados del diagnóstico energético realizado en el apartado anterior donde se identificaron como principales oportunidades de ahorro la sustitución de equipos de aire acondicionado de baja eficiencia energética por otros de mejores prestaciones y la sustitución de sistemas de iluminación de alto consumo energético, se dedica este capítulo a la propuesta y evaluación de dos proyectos de mejora relacionados con el uso racional y eficiente de la energía en las edificaciones de la UNERBM.

3.2 Proyecto No. 1: Sustitución de aires acondicionados de baja eficiencia

De acuerdo con el diagnóstico energético realizado se identifican los equipos de aire acondicionado que no cumplen la propuesta de norma y cuya sustitución por otros de eficiencia energética superior representa un potencial de ahorro:

Equipos de Climatización de Baja Eficiencia				
Tipo	Número Equipos	EER (W/W)	Capacidad Frigorífica (kW)	Sede
Split	1	1,64	28,13	Los Laureles
	3	2,13	7,03	Los Puertos
Ventana	5	2,18	17,58	Ciudad Ojeda
TOTAL	9	-		

Tabla No. 16

Para la selección de las características de los equipos de aire acondicionado a sustituir se utiliza como referencia la Resolución 77 del MPPEE y el proyecto de norma “Acondicionadores de Aire. Requisitos Técnicos y Etiquetado de Eficiencia Energética”. De acuerdo con esto se propone sustituir los equipos ineficientes por equipos de clase energética B con EER= 3,15 W/W. (MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA ENERGÍA ELÉCTRICA. RESOLUCIÓN 77 , 2011)

3.2.1. Cálculo del sistema de climatización.

Para la realización del cálculo del sistema de climatización se sigue el siguiente procedimiento:

1. Verificación de la capacidad de refrigeración necesaria según recomendaciones del Manual de Diseño para Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico, Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela. (Sosa Griffin, 2004)

Sede y local	Capacidad actual (kW)	Capacidad según calculo (kW)	Observaciones
Loa Laureles	78,77	78,77	
C. Ojeda	19,69	7,87	Existe un sobredimensionamiento
Los Puertos	7,87	7,87	

Tabla No. 17

2. Selección de equipo disponible en el mercado que cumpla el requisito Clase Eficiencia Energética tipo B.

De acuerdo a las capacidades de refrigeración necesarias se propone adquirir los siguientes equipos:

- Para las cargas de 2 toneladas se propone el Split modelo Carrier clase energética B, refrigerante R-134 a
- Para las carga de 20 toneladas se propone utilizar 2 equipos de 8 toneladas, modelo tipo Split marca Carrier clase energética B, refrigerante R-134 a

3. Cálculo del consumo energético

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos en cada sede según el sistema que se está usando actualmente:

Sede	No equipos	Capacidad total de refrigeración (kW)	Consumo energético según sistema Actual (kWh/año)
Los Laureles	1	78,77	297624,86
Ciudad Ojeda	5	19,63	181726,05
Los Puertos	3	7,87	43581,02

Tabla No. 18

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos en cada sede según el sistema que se desea proponer:

Sede	No equipos	Capacidad total de refrigeración (kW)	Consumo energético según sistema propuesto (kWh/año)
Los Laureles	2	78,77	201251,09
Ciudad Ojeda	5	7,87	50268,06
Los Puertos	3	7,87	30160,83

Tabla No. 19

3.2.2. Valoración económica.

Cálculo del ahorro a obtener:

Sede	Consumo energético sistema actual (kWh/año)	Consumo energético sistema propuesto (kWh/año)	Ahorro (kWh/año)
Los Laureles	297624,86	201251,09	68998,80
Ciudad Ojeda	181726,055	50268,06	131457,94
Los Puertos	43581,02	30160,83	13420,19

Tabla No. 20

Costo de la inversión:

El costo de los equipos

- Split de 2 toneladas 2200Bsf
- Split de 10 toneladas 6000Bsf

Sede	VAN	PRI
Los Laureles	517874,195	7 meses
Ciudad Ojeda	708411,548	8 meses
Los Puertos	54236,7943	18 meses

Tabla No. 21

3.2.3 Valoración ambiental

Estudios previos consideran que en Venezuela una reducción de la demanda de 148,1 GWh/año reduce las emisiones de CO₂ en 133290 Tm/año, a partir de esta información se calcula la reducción del impacto ambiental en términos de emisiones de CO₂ cuyos resultados se aprecian en la siguiente tabla. (Energia, 2010)

Sede	Ahorro (Ton CO₂/ año)
Los Laureles	6,20
Ciudad Ojeda	1,18
Los Puertos	1,20

Tabla No. 22

3.3 Proyecto No. 2: Sustitución de luminarias de baja eficiencia.

Para cumplimentar este proyecto es necesario verificar los niveles de iluminación de los espacios analizados de acuerdo a las actividades y tareas que se desarrollan en ellos.

En Venezuela la norma COVENIN 2249-93, «ILUMINANCIAS EN TAREAS Y ÁREAS DE TRABAJO», regula los niveles de iluminación requeridos de acuerdo a la dificultad visual de las áreas, tal como se muestra en la siguiente tabla extraída de la mencionada norma. (Norma COVENIN 2249-93)

Áreas o tipo de actividad	Iluminancias (Lux)			Tipo de Iluminancia
	Bajo	Medio	Alto	
Áreas de oficinas	500	750	1.000	Localizada
Áreas de reuniones	100	150	200	General
Salas de conferencias	200	300	500	General
Áreas de estacionamiento (accesos)	540	S/I	S/I	S/I
Áreas de estacionamiento (rampas y esquinas)	110	S/I	S/I	S/I
Áreas de estacionamiento (áreas generales)	54	S/I	S/I	S/I
Áreas de servicio (sanitarios públicos)	100	150	200	General
Áreas de circulación (pasillos y escaleras)	100	150	200	General

Tabla 17 Tipos particulares de actividad en áreas interiores

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de COVENIN 2249-93, «ILUMINANCIAS EN TAREAS Y ÁREAS DE TRABAJO».

La eficacia de los sistemas de iluminación artificial se mide en lúmenes por vatio de consumo (lm/W). A su vez, los proyectistas deben diseñar los sistemas de iluminación para que en cada ambiente se produzcan los adecuados lúmenes por m² (lux), mientras que los rendimientos energéticos de los sistemas de iluminación se miden en W/m².

Con las modernas y eficientes luminarias de hoy en día se han logrado reducir los consumos por concepto de iluminación desde los anteriores índices de 30 W/m² hasta 15-10 W/m². En el mercado existe una gran gama de equipos para iluminación como lámparas, balastos y luminarias eficientes energéticamente, los cuales permiten los mismos niveles de iluminación con un bajo consumo de energía. Estos equipos son más costosos que los tradicionales, pero su inversión se justifica por su gran ahorro energético y mayor año de vida útil que presentan.

Las lámparas fluorescentes tubulares de ahorro energético con la misma emisión de flujo luminoso de una convencional consumen aproximadamente 10% menos de energía:

Lámpara tubular convencional	Lámpara de ahorro energético
20 Watts	17 Watts
40 Watts	32 Watts

Tabla No. 23

De acuerdo con esta información se propone sustituir el sistema de iluminación existente en todas las sedes, basado en lámparas fluorescentes tipo T12 de 40 W de consumo eléctrico por lámparas T8 de 32 W con balastos electrónicos, dando así cumplimiento a la Resolución 77 del MPPEE del 10 de junio de 2011. (MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA ENERGÍA ELÉCTRICA. RESOLUCIÓN 77 , 2011)

3.3.1. Cálculo del sistema de iluminación.

Para la realización del cálculo del sistema de iluminación se sigue el siguiente procedimiento:

1. Datos iniciales: área del salón a iluminar, función del mismo, flujo luminoso lámparas T8 (3050 lúmenes), eficacia (95,3 lúmenes/m²) y horas de vida útil (20 000 horas).
2. Determinación de la luminancia necesaria (lux) según la norma COVENIN 2249-93, «ILUMINANCIAS EN TAREAS Y ÁREAS DE TRABAJO»: 350 lux para oficinas, nivel medio y 750 lux para salones de clase, nivel medio.
3. Determinación del número de lámparas necesarias.
4. Cálculo del consumo energético considerando la eficacia de las lámparas y las horas de explotación anuales

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos en cada sede:

Sede	No. Lámparas necesarias	Horas explotación (h/año)	Consumo energético (kWh/año)
Los Laureles	670	4024	86274,56
Ciudad Ojeda	113	4024	14612,59
Los Puertos	530	4024	68247,04

Tabla No. 24

3.3.2. Valoración económica.

Cálculo del ahorro a obtener:

Sede	Consumo energético sistema actual (kWh/año)	Consumo energético sistema propuesto (kWh/año)	Ahorro (kWh/año)
Los Laureles	173836,8	86274,56	87562,24
Ciudad Ojeda	160960	14612,59	146347,41
Los Puertos	247073,6	68247,04	178826,56

Tabla No. 25

Costo de la inversión: Se determina a partir del costo de las lámparas y luminarias (incluye balastro electrónico).

Al aplicar los métodos de valoración económica de inversiones VAN y PRI se obtienen los siguientes resultados.

Sede	VAN	PRI
Los Laureles	62774,6274	14 meses
Ciudad Ojeda	2262240,53	12 meses
Los Puertos	219849,993	14 meses

Tabla No. 26

3.3.3. Valoración ambiental.

Estudios previos consideran que en Venezuela una reducción de la demanda de 148,1 GWh/año reduce las emisiones de CO₂ en 133290 Tm/año, a partir de esta información se calcula la reducción del impacto ambiental en términos de emisiones de CO₂ cuyos resultados se aprecian en la siguiente tabla. (Energia, 2010)

Sede	Ahorro (Ton CO₂/ año)
Los Laureles	78,80
Ciudad Ojeda	13,17
Los Puertos	16,09

Tabla No. 27

CONCLUSIONES PARCIALES

1. Se realizó la propuesta y evaluación energética, económica y ambiental de dos proyectos de mejora relacionados con el uso racional y eficiente de la energía en las edificaciones de la UNERBM: Sustitución de aires acondicionados de baja eficiencia y sustitución de luminarias de baja eficiencia.
2. La propuesta de proyecto de sustitución de aires acondicionados de baja eficiencia consiste en sustituir 9 equipos ineficientes con EER entre 2,13 y 2,18 W/W por equipos de alta eficiencia, clase energética B con EER= 3,15 W/W.
3. La valoración económica del proyecto de climatización muestra un VAN de 426840,84 y periodo de retorno de la inversión de 11 meses, mientras la valoración ambiental resultó en una reducción del impacto en términos de emisiones de CO₂ de 2,86 Ton al año.
4. La propuesta de proyecto de sustitución de luminarias de baja eficiencia consiste en sustituir el sistema de iluminación existente en todas las sedes, basado en lámparas fluorescentes tipo T12 de 40 W de consumo eléctrico por lámparas T8 de 32 W con balastos electrónicos, dando así cumplimiento a la Resolución 77 del MPPEE del 10 de junio de 2011.
5. La valoración económica del proyecto de luminarias muestra un VAN de 848288,38 y periodo de retorno de la inversión de 13,3 meses, mientras que la valoración ambiental resultó en una reducción del impacto en términos de emisiones de CO₂ de 36,02 Ton al año.

CONCLUSIONES GENERALES

1. En Venezuela se ha identificado como excesivo el consumo energético en el sector edificaciones. Las estrategias a seguir para mejorar la eficiencia energética en los edificios se enmarcan en las siguientes direcciones: reducción de la demanda energética, mejora de la eficiencia energética en los quipos, sistemas de gestión y control, integración de energías renovables y sensibilización de los ocupantes.
2. Utilizando las herramientas de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía se realizó la caracterización y diagnóstico energético en las tres edificaciones objeto de estudio, determinándose que la sede con mayor incidencia en el consumo eléctrico es Cabimas siguiéndole la sede de los Puertos de Altagracia y por ultimo Ciudad Ojeda. En todos los casos el consumo eléctrico debido a climatización es el mayor, siguiéndole en orden de magnitud la iluminación y los equipos de computación.
3. Se identificaron como principales oportunidades de ahorro y uso racional de la energía la sustitución de equipos de aire acondicionado de baja eficiencia energética por otros de mejores prestaciones y la sustitución de sistemas de iluminación de alto consumo energético.
4. Se realizó la propuesta y evaluación energética, económica y ambiental de dos proyectos de mejora relacionados con el uso racional y eficiente de la energía en las edificaciones de la UNERBM: Sustitución de aires acondicionados de baja eficiencia y sustitución de luminarias de baja eficiencia.
5. La valoración económica de estos proyectos muestra un VAN de 426840,84 y 848288,38; periodos de retorno de la inversión de 11 y 13,3 meses, mientras la valoración ambiental resultó en una reducción del impacto en términos de emisiones de CO₂ de 2,86 y 36,02 Ton al año respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. Divulgar los resultados de la presente investigación ante las autoridades de la UNERBM de las sedes objeto de estudio.
2. Una vez aplicados los proyectos de mejora evaluados en esta investigación y consolidados los resultados, valorar una segunda etapa de mejoras con la sustitución de equipos de aire acondicionado con clase energética más baja F y E.
3. Proponer la implementación de un sistema de gestión energética en cada una de las sedes, a fin de lograr el monitoreo y control del consumo energético y su gestión más integral.

Referencias Bibliográficas

- Álvarez Guerra Plasencia, Mario A. et al. Temas avanzados de Refrigeración y Climatización. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente Universidad de Cienfuegos. (2008). Cienfuegos: Universo SUR.
- ASHRAE Energy Efficiency Manual. USA.
- ASHRAE Energy Systems Analysis and Management Manual
- Bolívar, D., & Henríquez, L. (23 de Noviembre de 2011). Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía. Correo del Orinoco, pág. 5.
- Borroto, A., & Alvarez, M. (2012). Eficiencia Energética en Edificios. Cien Fuegos, Cuba: Cuba Energía.
- Díaz, Hernán. Especificaciones del Sistema de Aire Acondicionado. Proyecto Reconstrucción Sede del Litoral Universidad Simón Bolívar, Trabajo de diploma, Sartenejas, Mayo 2002.
- Duran G. (2012). Propuesta de procedimiento de Gestión para el control de consumo de energía eléctrica de los trabajadores de CORPOELEC-COL. Venezuela: Universidad de Cienfuegos.
- Fernandez, R. (2007). Sistema de Gestión y Pronóstico de Energía Eléctrica. Cien Fuegos: Facultad Ing. Mecánica.
- Ministerio de Energía y Minas. (2000). Ahorro de Energía Eléctrica en edificaciones Públicas. Caracas: Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA ENERGÍA ELÉCTRICA. RESOLUCIÓN 001: Fijación de estándares de eficiencia mínimos para importación de equipos de aire acondicionado.
- MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA ENERGÍA ELÉCTRICA. RESOLUCIÓN 77. (06 de 10 de 2011). Medidas de orden técnico y administrativo para continuar con la orientación en materia de uso racional y eficiente de la energía eléctrica por parte de los organismos públicos. Caracas, Venezuela.
- Norma COVENIN 2249-93. (s.f.). «ILUMINANCIAS EN TAREAS Y ÁREAS DE TRABAJO».
- Nediani G., M. E. Sosa y G. Siem (2000): Las normativas energéticas para edificaciones y sus posibles aplicaciones en Venezuela; Conferencia internacional sobre Confort y Comportamiento Térmico (del 21 al 23 de junio de 2000). Maracaibo: COTEDI.
- O'Neal, D.L., and S.B. Penson. 1988. An Analysis of Efficiency Improvements in Room Air Conditioners. ESL/88-04. College Station, Tex.: Texas A&M University.
- Petroleum, B. (2005). www.British Petroleum.com. Recuperado el 22 de 04 de 2011

- Rosenquist, Gregory. Opportunities for Improving the Energy-Efficiency of Window-Type Room Air Conditioners. Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Siem, G., M. E. Sosa, M. E. Hobaica, G. Nediani y E. Villalobo (IDEC-FAU-UCV) (2002): Guía operativa de ahorro de energía eléctrica para edificaciones públicas. (Financiado y a ser publicado el Ministerio de Energía y Minas MEM).
- Sosa Griffin, M. E. (2004). Manual de Diseño para Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico. Caracas-Venezuela: facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela.

Referencias electrónicas

- <http://rse.larepublica.com/archivos/ECONOMIA/2011-06-15/isagen-exporta.energiadesde-la-guajira-a-venezuela>, de Isagen Exporta Energía.
- Africano, D. E., & Suárez, Y. (15 de 03 de 2011). <http://conociendolaunermmb.blogspot.com/>. Recuperado el 2011, de <http://conociendolaunermmb.blogspot.com/>.