



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



**AUDITORIA TÉCNICO ECONÓMICA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA
AL EDIFICIO DE PREGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
ECONÓMICAS Y SOCIALES DE LA UNIVERSIDAD DE CARABOBO
(FACES), CAMPUS BARBULA**

Autor:

Br. CARLOS HIDALGO.

Tutor:

Ing. JOSE LUIS SOSA

VALENCIA, JUNIO 2011.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



**AUDITORIA TÉCNICO ECONÓMICA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA
AL EDIFICIO DE PREGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
ECONÓMICAS Y SOCIALES DE LA UNIVERSIDAD DE CARABOBO
(FACES), CAMPUS BARBULA**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRÍSIMA
UNIVERSIDAD DE CARABOBO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA**

Autor:
Br. Carlos G. Hidalgo I.
C.I. V- 15.494.409

Valencia, Enero de 2011



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes miembros del jurado asignado para evaluar el trabajo especial de grado titulado **“AUDITORIA TÉCNICO ECONÓMICA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA AL EDIFICIO DE PREGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES DE LA UNIVERSIDAD DE CARABOBO (FACES), CAMPUS BARBULA”**, realizado por el bachiller: Carlos German Hidalgo Izarra portador de la cedula de identidad N°: V-15.494.409, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo

Firma

Ing. José Luís Sosa

Firma

Prof.

Firma

Prof.

Valencia, Junio de 2011



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar gratitud a todas aquellas personas que con su apoyo y paciencia hicieron esto posible.

A Dios por darme fuerzas para seguir hasta el final de esta esperada meta.

Al ingeniero Julio González por el apoyo desinteresado que me ofreció durante la recopilación de información sobre facturación y mediciones de consumo en FACES.

A la ingeniero Josefa Ceballo de Planta Física de la Universidad de Carabobo por toda la colaboración con el material relacionado con FACES y su sistema eléctrico.

Al decano de faces el Lic. Benito y al personal de FACES por su valiosa colaboración en la recopilación de datos del edificio.



DEDICATORIA

Quiero dedicar este fruto de mi esfuerzo a mi madre y a mi padre que siempre han esperado este momento de mi carrera.



ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE APROBACIÓN	v
AGRADECIMIENTOS.....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA.....	¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
Capítulo I. EL PROBLEMA	16
1.1 Planteamiento del Problema.....	16
1.2. Objetivos	18
1.2.1 Objetivo General	18
1.2.2. Objetivos Específicos	18
1.3 Justificación De La Investigación.....	19
1.4 Alcance y Delimitaciones	20
1.5 Resultados Esperados	¡Error! Marcador no definido.2
Capitulo II. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes de la Investigación	23
2.2. Bases Teóricas	26
2.2.1 Eficiencia Energética.....	26
2.2.2 Marco Legal para la Eficiencia Energética en Venezuela.....	27
2.2.3 Sistemas de Iluminación.....	27



2.2.4 Sistemas de Climatización.....	43
2.2.5 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (CO ₂).....	53
2.2.6 Aprovechamiento de la Energía Solar y Sistemas de Energías Alternativas para Edificaciones	57
2.2.7 Evaluación Técnica – Económica.....	68
2.3. Glosario de Términos Básicos.....	74
Capítulo III. MARCO METODOLÓGICO.....	79
3.1. Tipo de Investigación	79
3.2. Diseño de la Investigación	80
3.3 Técnicas de Recolección de Datos	80
3.4 Técnicas de Análisis de Datos.....	¡Error! Marcador no definido.
3.5 Diseño de las Fases Metodológicas.....	82
3.6 Unidad de Estudio y Analisis	¡Error! Marcador no definido.
Capítulo IV. DISEÑO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	87
4.1. Descripción del edificio de pregrado de la facultad de ciencias económicas y sociales.....	87
4.2. Criterio para el análisis.....	100
4.3. Resumen de las condiciones actuales.....	101
4.4. Causas técnicas y operativas del consumo de energía actual.....	103
4.5. Propuestas de alternativas para mejorar los sistemas de iluminación y climatización.....	105
4.6. Criterios de selección de las alternativas de mejoras de los sistemas de iluminación y climatización	107
4.7. Análisis de la factibilidad técnica de las alternativas propuestas.....	108



4.8. Evaluación del consumo eléctrico para las alternativas de ahorro del sistema de iluminación	108
4.9. Evaluación del consumo eléctrico para las alternativas de ahorro del sistema de climatización	114
4.10. Evaluación técnica de un sistemas de alimentación eléctrica basado en paneles solares para el sistema de iluminación	117
4.11 Evaluación económica de las condiciones actuales del sistema de iluminación.....	120
4.12 Evaluación económica en términos de ahorro de las alternativas del sistema de iluminaición.....	120
4.13 Evaluación económica de las condiciones actuales del sistema de climatización	121
4.14 Evaluación económica en términos de ahorro de las alternativas del sistema de climatización	121
Capítulo V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	124
5.1 CONCLUSIONES	123
5.2 RECOMENDACIONES.....	127
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	128
ANEXOS.....	132

ÍNDICE DE ECUACIONES

E cuación 1. Eficacia Luminosa.....	31
Ecuación 2. Valor Actual Neto (VAN).....	69
Ecuación 3 Método de la Tasa Interna de Retorno.....	69
Ecuación 4. Relación Costo Beneficio (C/B).....	72



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Ciclo básico del sistema de refrigeración.	48
Figura 2.2. Partes de un compresor centrífugo.....	50
Figura 2.3. Torre de enfriamiento de tiro inducido vertical	48
Figura 2.4. Integración de paneles solares en el techo de un edificio	65
Figura 2.5. Integración de paneles solares como parasoles de un edificio.....	65
Figura 2.6. Integración de paneles solares como parasoles de un edificio.....	66
Figura 2.7. Vista de los generadores eólicos de la torres del Word Trade Center en Bahrein, Golfo Pérsico.....	67
Figura 3.1. Diagrama de flujo de las fases de la investigación.	84
Figura 4.1. Vista desde el lado sur-este del edificio de pregrado de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4.2. Diagrama unifilar del edificio de pregrado de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.	90
Figura 4.3. Vista del tipo de luminaria actualmente usado en los salones.	93
Figura 4.4. Vista del tipo de luminaria actualmente usado en los pasillos.....	94
Figura 4.5. Vista del tipo de luminaria actualmente usado en la biblioteca central	94
Figura 4.6. Imagen que muestra todas las luminarias de los pasillos encendidas en plena luz del.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4.7. Imagen de una luminaria para exteriores, alimentada por un panel solar.....	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Comparación de coste de electricidad entre una lámpara incandescente y una fluorescente.....	30
--	----



Tabla 2.2 Valores orientativos de la vida útil y la vida media de varios tipos de lámparas.....	32
Tabla 2.3. Clasificación de las lámparas según su índice de reproducción cromática.....	33
Tabla 2.4. Tipos de lámparas en función de sus características de temperatura de color e índice de reproducción cromática.....	34
Tabla 2.5. Pérdidas en la potencia de la lámpara según el equipo auxiliar empleado.....	41
Tabla 2.6. Las luminarias en función de su distribución fotométrica.....	42
Tabla 4.1. Resumen de cargas de FACES.....	¡Error! Marcador no definido. 1
Tabla 4.2. Especificaciones técnicas de las luminarias.....	92
Tabla 4.3. Estado actual por niveles y subáreas del consumo eléctrico para iluminación de FACES.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4.4. Eficiencia energética de las lámparas instaladas en el edificio.....	101
Tabla 4.5. Demanda de energía eléctrica del sistema de climatización.....	98
Tabla 4.6. Consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación. Estado actual.....	101
Tabla 4.7. Consumo de energía eléctrica del sistema de climatización. Estado actual.....	101
Tabla 4.8. Consumo de energía eléctrica del Edificio de FACES por cargas de iluminación y climatización para el caso actual.....	102
Tabla 4.9. Relación del consumo de energía eléctrica en función del combustible, la emisión de CO ₂ y costo de energía para el caso actual.....	102
Tabla 4.10. Consumo por horas al mes según el estado actual y la alternativa propuesta.....	109
Tabla 4.11. Consumo energético, emisiones de CO ₂ del sistema de iluminación del edificio de FACES para la condición de operatividad actual y el efecto de la Propuesta-A2, en el consumo general.....	110
Tabla 4.12. Ahorro unitario por luminaria con la propuesta-A3.....	111



Tabla 4.13. Consumo energético, emisiones de CO ₂ del sistema de iluminación del edificio de FACES para la condición de operatividad actual y el efecto del reemplazo de balastos y lámparas en el consumo general.	112
Tabla 4.14. Resumen del ahorro en términos de kWh/año alternativas factibles del sistema de iluminación de aplicación a mediano plazo o con inversión	113
Tabla 4.15 Distribución del porcentaje de consumo y de ahorro por niveles junto con kW ahorrados.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4.16. Consumo energético y emisiones de CO ₂ del sistema de climatización del edificio de FACES para la condición de operatividad actual y el efecto de la aplicación de la Propuesta-B2 en el consumo general. ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 4.17. Distribución del porcentaje de consumo y de ahorro por niveles junto con kW ahorrados para el sistema de climatización	113
Tabla 4.18. Resumen del ahorro en términos de kWh/año alternativas factibles del sistema de climatización de aplicación a mediano plazo o con inversión.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4.19. Consumo energético y emisiones de CO ₂ del sistema de climatización del edificio de FACES para la condición de operatividad actual y el efecto de la aplicación de un sistema de energía alternativa en la iluminación exteriorminación	120
Tabla 4.20. Ahorro anual debido a la disminución del consumo de energía eléctrica por la aplicación de las alternativas en el sistema de iluminación	122
Tabla 4.21. Ahorro anual debido a la disminución del consumo de energía eléctrica por la aplicación de las alternativas en el sistema de climatización.....	123
Tabla 5.1 Resumen de los kW/año ahorrados con las propuestas evaluadas	125
Tabla 5.2. Resumen del ahorro en bolívares logrado con las propuestas evaluadas.....	126



CAPITULO I





CAPITULO I

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para Venezuela los indicadores del CIER revelan que el país consume más energía que cualquier otro país de América Latina y utiliza más energía para obtener los mismos bienes que obtienen otros países con menos cantidad. Históricamente el crecimiento anual de la demanda se ha ubicado entre 3% y 4%, sin embargo, en los últimos cinco años se ha experimentado un incremento que disparó el consumo de energía eléctrica por encima del 7%. Sólo en el año 2006 el aumento promedio fue del 9%, incluso en algunas regiones del país llegó al 15%. [1].

Este rápido crecimiento en nuestro país ha obligado a que se exijan políticas de ahorro y racionamiento eléctrico las cuales afectan a todas las instituciones del estado incluyendo las universidades. El Decreto de Estado de Emergencia del Servicio Eléctrico Nacional No. 7.228, mediante el cual se declara el estado de emergencia sobre la prestación del servicio eléctrico nacional y sus instalaciones y bienes asociados, por un lapso de sesenta (60) días, prorrogables, en virtud de lo cual se autoriza al Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica, para dictar por vía de excepción las medidas espaciales que estime pertinente, a fin de garantizar a la población el suministro de energía eléctrica [2], viene a reforzar la toma de medidas de ahorro y eficiencia energética en los edificios y dependencias de la Universidad de Carabobo ya exigidas por el oficio DM-004477 del Ministerio del Poder Popular para la Educación Superior, relacionado con la solicitud de colaboración para el ahorro de energía eléctrica en la institución.

El edificio de pregrado de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales (FACES) debe implementar todas las medidas de ahorro y eficiencia energética que permitan disminuir su consumo eléctrico lo más cercano a un 20 %. Esta estructura con mas de



CAPITULO I



20 años de funcionamiento tiene un sistema eléctrico que puede considerarse obsoleto que consume una gran cantidad de energía y requiere de una renovación que este dentro de los estándares de calidad de energía y eficiencia energéticas acordes con las necesidades actuales exigidas por el gobierno nacional. [3]

De no verse adecuado el sistema eléctrico a las necesidades estipuladas en gaceta oficial por el gobierno nacional se estaría incurriendo en mal uso del recurso energético disponible en el país, lo cual es una clara violación a lo dispuesto por el ejecutivo nacional para la mejora del uso de la energía eléctrica en Venezuela. Además el ahorro energético, que es una disminución del consumo, lleva siempre un ahorro en términos monetarios ya que la facturación del servicio disminuye y estos recursos pueden destinarse para la mejora de cualquier actividad académica, permitiendo un aumento en los recursos disponibles para los estudiantes y profesores

Para resolver este problema deben implementarse políticas de ahorro de energía como el uso de circuitos eléctricos en horarios preestablecidos según las necesidades académicas, reemplazo de luminarias por equipos más modernos y eficientes, revisión del sistema de climatización para establecer políticas de uso eficiente, evaluación del uso de sistemas de energía alternativa y todas aquellas que permitan alcanzar la meta de ahorro energético establecida, todo esto se logra mediante la aplicación de una revisión o auditoría del sistema eléctrico que actualmente está en FACES que permita definir políticas de calidad, ahorro y eficiencia energética.

El desarrollo de un país depende de la disponibilidad y buen uso de sus recursos energéticos es por ello que todos los esfuerzos que permitan desplegar planes y proyectos de eficiencia energética son ampliamente acogidos tanto por instituciones gubernamentales como privadas ya que además de ayudar al medio ambiente se logra un ahorro en términos económicos que en muchos casos es significativo.



1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Diseñar el proyecto eléctrico del edificio principal de la facultad de ciencias económicas y sociales de la Universidad de Carabobo (FACES), basado en eficiencia energética, tal que incorpore nuevas tecnologías que propendan al uso racional de los recursos energéticos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar el sistema eléctrico existente de la sede de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Carabobo a fin de estimar el consumo de energía eléctrica para iluminación y climatización, los costos de operación, y emisiones de CO₂ generados por dicho consumo.
- Identificar nuevas tecnologías comerciales en materiales y equipos que correspondan a los requerimientos en el diseño, planos y en los cálculos realizados.
- Evaluar un sistema de generación eléctrica mediante energías renovables o un sistema de respaldo de energía que permita suplir una parte de la demanda eléctrica del edificio evaluado.



CAPITULO I



- Diseñar alternativas para la reducción del consumo de energía en base a parámetros de eficiencia energética para alcanzar el ahorro en costos en la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Carabobo.
- Evaluar el ahorro económico de la alternativa de optimización seleccionadas de forma independiente y/o agrupada, a fin de identificar las alternativas con mayor rendimiento económico y facilitar la toma de decisiones o acciones a seguir según sea el caso.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Una casa de estudio que se haya levantado siguiendo los estándares de eficiencia y ahorro energético a nivel mundial no es solo un ejemplo de lo que se puede lograr en nuestro país, sino que también colabora con el mejoramiento de la relación del hombre con su ambiente.

Este proyecto de investigación se justifica por los beneficios que aportará desde el punto de vista económico, social y ambiental:

- Reducir los niveles excesivos de costos por cargas de iluminación y climatización, emisión de gases al ambiente y limitar los costos de mantenimiento.
- Impulsar la aplicación de alternativas que permitan mejorar los niveles de eficiencia energética de la iluminación y climatización.



CAPITULO I



- Sensibilización humana ante el uso racional de la energía.
- El uso eficiente de la energía beneficia a la población, al Estado y al ambiente, por ende, se traduce en costos menos elevados e implica mayor conciencia respecto al consumo de energía.
- Es importante incentivar la participación en los programas de eficiencia energética propuestos por el gobierno nacional y entes no gubernamentales, promoviendo así, la producción de investigaciones en esta área, contribuyendo a la formación de talento humano especializado en el marco de los avances científicos, técnicos, sociales y humanísticos.
- El mayor justificativo que tiene la realización de este trabajo es el cumplir con la meta del decreto No. 6.992 de fecha 21 de octubre de 2009, publicado en Gaceta Oficial No. 39.295, que obliga a las instituciones del estado a reducir su consumo eléctrico en un mínimo de un 20 %.

Este proyecto de investigación está enmarcado en la línea de investigación: “Eficiencia Energética”, del Departamento de Potencia de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Carabobo.

1.4 ALCANCE Y DELIMITACIÓN

De espacio: La zona de estudio se limita al edificio principal de la facultad de ciencias económicas y sociales de la Universidad de Carabobo, en el campus de Bárbula, Naguanagua, Estado Carabobo, donde se evaluará la factibilidad técnico – económica de alternativas de mejora de la eficiencia energética del proyecto eléctrico, a fin de identificar las alternativas de mayor rendimiento que favorezcan la reducción



CAPITULO I



del consumo de energía, ahorro de costos y minimización del impacto ambiental de los gases que contribuyen al efecto invernadero.

De tiempo: Se estima que el trabajo se extienda en un periodo de cinco meses iniciando el mes de Noviembre, proyectando su término en el mes de Marzo del año 2011. Durante todo el proceso investigativo, se contará con los aportes de los ingenieros y demás personal de Planta Física de la Universidad de Carabobo. Los resultados de esta evaluación, estarán delimitados para un periodo de cinco años, debido a los cambios tecnológicos y económicos.

De contenido: Este proyecto se centrara en las mejoras al sistema eléctrico ya existente, recomendando materiales, técnicas y sistemas que permitan un mejor aprovechamiento del recurso eléctrico. Se considerará que un sistema cumple con los propósitos de eficiencia energética, si este, es capaz de consumir menos energía eléctrica y alargar la vida útil de los equipos que componen el sistema, manteniendo la misma calidad de servicio y confort en el área donde estén ubicados.

Para la estimación del consumo de energía eléctrica, los costos de operación, mantenimiento y emisiones de CO₂, se aplicaran normativas técnicas y se revisaran especificaciones suministradas por los fabricantes y proveedores de equipos.

Es importante señalar que todo el proyecto se regirá según las normas del Código Eléctrico Nacional (CEN) en su versión más reciente FONDONORMA 200:2004 (7ma Revisión) salvo otra indicación.



CAPITULO I



1.5 RESULTADOS ESPERADOS

El principal resultado será un programa de propuestas de ahorro energético que este acorde con las tecnologías y materiales eficientes de última generación para la fecha, que cumpla con los nuevos lineamientos en materia de ahorro y eficiencia energética actuales, que tenga mejoras y técnicas que sean factibles a nivel económico y que cumpla lo establecido en el Código Eléctrico Nacional (CEN) para que aplique la reducción de consumo eléctrico definida para la institución (FACES) en el Decreto No. 6.992 de fecha 21 de Octubre de 2009, publicado en Gaceta Oficial No. 39.298 de fecha 3 de Noviembre de 2009 por el ejecutivo nacional.



CAPÍTULO II

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Castillo M., Richard W. (2010) “Evaluación técnica - económica de la eficiencia energética de los sistemas de iluminación y climatización en el Complejo Petroquímico Morón”. Trabajo realizado para optar por el título de ingeniero electricista en la Universidad de Carabobo. Evalúa técnica y económicamente la eficiencia energética de los sistemas de iluminación y climatización en el Complejo Petroquímico Morón (CPM), con la finalidad de identificar alternativas para la reducción del consumo de energía, ahorro de costos y minimización del impacto ambiental de los gases que contribuyen al efecto invernadero Este análisis, se vincula con la presente investigación en lo referente a la aplicación de técnicas de ahorro y eficiencia energética [4].

Soluciones Energéticamente Eficientes en la Edificación (2009), De la Consejería de Economía y Hacienda, Comunidad de Madrid, esta publicación se ha elaborado, con la colaboración de diferentes especialistas, con una clara vocación de la Comunidad de Madrid por aportar soluciones innovadoras y, al mismo tiempo, con el fin de concientizar a todas las personas que hacemos uso de las viviendas, pues no sólo es suficiente con el conocimiento de la tecnología, sino la aplicación y un uso adecuado de la misma. Este análisis, se vincula con la presente investigación en lo referente a la aplicación de técnicas innovadoras de ahorro de energía [5].

Sáenz de Miera G. (2009). “La eficiencia energética: análisis empírico y regulatorio” (DDT- Elcano). Plantea que a pesar de las ventajas medioambientales y económicas de la eficiencia energética, la experiencia muestra que las actuaciones en eficiencia energética se sitúan por debajo de lo requerido para afrontar los retos del modelo energético mundial. El objeto del documento es analizar los principales



CAPITULO II



elementos que intervienen en el concepto de eficiencia energética, elaborando un diagnóstico que muestre las dificultades para acometer las mejoras e identificar instrumentos regulatorios que rigen su accionar. En general, la experiencia muestra que un marco regulatorio de éxito debe contar con tres elementos básicos: precios que internalicen todos los costos, incluidos los ambientales, estándares energéticos y medidas de educación y sensibilización. Este análisis, se vincula con la presente investigación en lo referente a la evaluación de la factibilidad económica de las alternativas de optimización, a fin de identificar las alternativas con mayor rendimiento económico y facilitar la toma de decisiones o acciones a seguir según sea el caso [6].

Martínez, Juan. Gimón, José. (2002). “Estudio de la eficiencia energética en la escuela de ingeniería eléctrica de la Universidad de Carabobo”. Trabajo especial de pregrado. Estudio de campo realizado en tres pasos, con el fin de racionalizar los gastos por el uso del servicio eléctrico, enfocado en el uso eficiente de la energía eléctrica de los equipos de iluminación y de acondicionamiento de ambiente en la escuela de ingeniería eléctrica de la Universidad de Carabobo, utilizando para la recolección de datos la revisión de fuentes bibliográficas y antecedentes nacionales e internacionales, inventario general de instalaciones y auditoria energética, llegando a la conclusión de que para disminuir el consumo de energía es necesario reemplazar las luminarias fluorescentes T12 por T8 y los balastos magnéticos por electrónicos, al término de su vida útil, al igual que los equipos de acondicionamiento de ambientes. En relación a la tasa de retorno, el tiempo se hace muy prolongado. En el marco de las normas COVENIN 3538-99, (1999). Acondicionadores de aire. Métodos de ensayo de capacidad de enfriamiento, consumo de energía y eficiencia energética. Y COVENIN 2249-93 Iluminancias en tareas y áreas de trabajo. Este análisis, se vincula con la presente investigación en lo referente a la aplicación de técnicas de ahorro y eficiencia energética [7].



CAPITULO II



Ruedas, Antonio (1997). “Proyecto de ahorro de energía eléctrica por iluminación en la Universidad de México”, trabajo especial de ascenso, en el que realizó una evaluación que arrojó como resultado que en el campus principal de la Universidad es posible, mediante medidas adecuadas, ahorrar hasta un 30% del consumo de electricidad por concepto de alumbrado. Considerando que en algunas áreas se mantendrá el consumo con una mejor iluminación. El ahorro en electricidad por iluminación se logra a partir del reconocimiento del problema en el ámbito de las direcciones. Este análisis, se vincula con la presente investigación en lo referente a la aplicación de técnicas de ahorro y eficiencia energética en instituciones de educación superior [8].

Ortiz, J. R. (1993). “Diseño, operación, mantenimiento y uso tendente a disminuir los costos totales del consumo eléctrico, en la torre PEQUIVEN”. Caracas, Venezuela, trabajo institucional interno, que toma en cuenta los factores ambientales operacionales y ergonómicos. Planteando reducir los índices de iluminación en oficinas y pasillos, los cuales indican una cantidad de 1200 Lux, lo que la norma recomendaba 150 Lux. Apagar los equipos de aire acondicionado durante los fines de semana y días feriados. Colocar tubos de 32 W y balastos electrónicos. Colocar sensores de ocupación, los cuales disponen de un detector infrarrojo para captar el movimiento del calor, para el apagado automático de la luz. Este análisis, se vincula con la presente investigación en lo referente a la aplicación de técnicas de ahorro y eficiencia energética en iluminación [9].



2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA

De acuerdo a información suministrada por la OLADE, la Eficiencia Energética (EE) es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Esto se puede lograr a través de la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos culturales en la comunidad [10].

La eficiencia energética debe ser considerada como el recurso más importante del que dispone un país para asegurar su abastecimiento energético. Entre los beneficios que aporta destacan: a) Reducción de la vulnerabilidad del país por dependencia de fuentes energéticas externas; b) Reducción de costos de abastecimientos energético para la economía en su conjunto; c) Alivio de las presiones sobre los recursos naturales y los asentamientos humanos al reducirse la tasa de crecimiento de la demanda por energéticos así como de las presiones globales tales como las emisiones de CO₂, conducentes al calentamiento global; d) Beneficios para las familias de bajos recursos, porque gastan un porcentaje mayor de su ingreso en energía.

Para el edificio de pregrado de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Carabobo la meta de reducción de consumo de energía es de un 20 % del actual por ser una de las metas exigidas por el ejecutivo nacional en la marco de la búsqueda de ahorro energético emprendido en todo el territorio nacional para las instituciones gubernamentales.



2.2.2 MARCO LEGAL PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VENEZUELA

En América Latina y el Caribe se han dado pasos importantes en el marco de las reformas energéticas orientadas a garantizar un abastecimiento energético eficiente, confiable y oportuno, de buena calidad y a precios razonables tomándose más recientemente medidas orientadas al uso eficiente de la energía, en Venezuela tenemos el Anteproyecto de Ley para promover la Eficiencia Energética (13/8/2002): El objeto de esta ley es “la promoción de la eficiencia energética en beneficio de los oferentes y demandantes de energía y de servicios energéticos, del interés de la economía nacional, el resguardo de los derechos de los consumidores y la protección del ambiente....” (Art.1) [11].

Como parte de las políticas que adelanta el Gobierno venezolano actual, orientadas a la eficiencia energética, se creó en el año 2006: La Misión Revolución Energética.

Dentro de esta misión se desarrollarán programas como el de gasificación nacional, Gas Natural Vehicular (GNV), el cambio de plantas generadoras que funcionan con diesel para adaptarlas al uso de gas, así como la fabricación e instalación de equipos para la generación de electricidad a través de fuentes alternativas de energía como la eólica y la solar [12].

2.2.3 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

La iluminación juega un papel fundamental en el desarrollo de las actuales actividades sociales, comerciales e industriales. La tecnología ha evolucionado a sistemas de alumbrado capaces de adaptarse a las exigencias actuales y que, a su vez, son más eficientes energéticamente.



La iluminación representa en muchos edificios un porcentaje elevado del consumo eléctrico. Así, el porcentaje de energía eléctrica dedicado a iluminación en puede llegar a alcanzar en algunos casos más del 50 % [13].

Por tanto, existe un gran potencial de ahorro, energético y económico, alcanzable mediante el empleo de equipos eficientes, unido al uso de sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades del local a iluminar.

La energía consumida por una instalación de iluminación depende de la potencia del sistema de alumbrado instalado y del tiempo que está encendida. Ambos aspectos son importantes ya que sus variaciones pueden afectar a la eficiencia energética de la instalación. Es importante conocer el consumo de energía de una instalación (existente o futura) cuando se considera el coste-efectividad de medidas para mejorar su eficiencia energética. Tales medidas requerirán una inversión económica, pero reducirán el consumo de energía en el futuro.

Para calcular el consumo energético de una instalación es necesario considerar los siguientes factores: Potencia Instalada y Horas de Uso. La potencia instalada se calcula multiplicando el número de lámparas por su potencia unitaria, teniendo en cuenta que en la potencia de la lámpara es necesario incluir la potencia del equipo auxiliar (en caso de que la lámpara lo requiera). Las horas de uso de una instalación dependen de los patrones de ocupación del espacio, la luz natural disponible y el sistema de control usado. El consumo energético se calcula multiplicando la Potencia Instalada por las Horas de Uso.

2.2.3.1 VALORACIÓN ECONÓMICA

El cambio de una instalación de alumbrado existente por una energéticamente



CAPITULO II



más eficiente (sistemas de control, lámparas más eficientes, etc.) supondrá una inversión inicial pero, en un futuro, los costes de operación y mantenimiento se verán reducidos. La pregunta es si los ahorros futuros justifican el gasto inicial. Para evaluar el coste de una instalación de iluminación no se debe tener en cuenta únicamente el coste inicial, sino también los costes de explotación previstos, ya que el coste de la energía eléctrica facturada es muy importante en el coste global de la instalación.

Por tanto, para realizar un análisis de costes se requieren los siguientes datos:

- Número y tipo luminarias necesarias.
- Precio de la luminaria.
- Número y tipo de lámparas necesarias.
- Precio de la lámpara.
- Consumo por luminaria incluyendo las pérdidas de los equipos.
- Tarifas de energía eléctrica.
- Vida útil de la lámpara.
- Horas de funcionamiento anual de la instalación.
- Financiación y amortización.

Como ejemplo se considera el supuesto de sustitución de una lámpara incandescente de 60 W por una fluorescente compacta de 11 W que ofrece la misma cantidad de luz, estimando que se mantiene encendida 1.000 horas anuales como se muestra en la tabla 2.1.



Tabla 2.1. Comparación de coste de electricidad entre una lámpara incandescente y una fluorescente.

	Incandescente	Fluorescente compacta
Potencia	60 W	11 W
Vida Útil	1.000 Horas	6.000 Horas
Horas de uso anual	1.000 Horas	1.000 Horas
Coste Lámpara	4,50 Bs.	25,00 Bs.
Coste Electricidad	7,5533 Bs.	1,3847 Bs.

Fuente: Guía de Iluminación Eficiente. Philips de España.

Tomando en cuenta que el valor del 1kW tiene un valor de 0,125889 Bs. y según la tabla anterior el ahorro anual considerando únicamente los costes de energía eléctrica es de 6,1686 Bs./año. [14].

2.2.3.2 PARTES DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Un sistema de iluminación está formado por:

- Fuentes de luz (Lámparas)
- Equipos Auxiliares: resultan imprescindibles para conseguir la funcionalidad del sistema, e influyen en gran medida en su calidad, consumo energético, economía y durabilidad.
- Luminarias: cumplen funciones energéticas, mecánicas, térmicas y estéticas, al distribuir espacialmente la luz generada por las fuentes de luz. [15].



2.2.3.3 FUENTES DE LUZ

Las fuentes de luz (lámparas) producen la luz de distintas formas:

- Calentando cuerpos sólidos hasta alcanzar su grado de incandescencia (fundamento de las lámparas incandescentes).
- Provocando una descarga eléctrica en una cámara cerrada llena de un gas.
- Provocando una descarga en un cuerpo sólido (LED). [15].

Las principales características para definir las fuentes de luz son las siguientes:

Potencia: Potencia eléctrica de alimentación (W) necesaria para el funcionamiento de una fuente de luz.

Eficacia Luminosa: La eficacia luminosa de una fuente de luz es el flujo de luz que emite dividida por la potencia eléctrica consumida en su obtención. Como se observa en la ecuación 1.

$$\text{Eficacia Luminosa (lm/W)} = \text{Flujo emitido (lm)} / \text{Potencia Consumida} \quad (1)$$

Indica la eficiencia con la que la energía eléctrica es transformada en luz. Tiene un valor límite teórico de 683 lm/W, aunque en la realidad las cifras para las lámparas que se encuentran en el mercado están muy alejadas de este valor. En la definición de eficacia luminosa no se tiene en cuenta la potencia consumida por los equipos auxiliares (potencia de pérdidas); sin embargo, este consumo debe considerarse al analizar el funcionamiento de la lámpara.

Vida de la Lámpara: Las lámparas incandescentes dejan de funcionar de manera brusca, aunque mantienen prácticamente constante el flujo luminoso a lo



CAPITULO II



largo de toda su vida; sin embargo, en el resto de fuentes de luz se produce una depreciación del flujo luminoso emitido a lo largo de su vida, por lo que es importante determinar cuando deja de ser funcional, pues suele ser mucho tiempo antes de dejar de funcionar.

Teniendo en cuenta lo anterior se establecen dos conceptos:

a) **Vida media:** indica el número de horas de funcionamiento a las cuales la mortalidad de un lote representativo de fuentes de luz del mismo tipo alcanza el 50 % en condiciones estandarizadas.

b) **Vida útil (económica):** indica el tiempo de funcionamiento en el cual el flujo luminoso de la instalación ha descendido a un valor tal que la fuente de luz no es rentable y es recomendable su sustitución, teniendo en cuenta el coste de la lámpara, el precio de la energía consumida y el coste de mantenimiento.

A continuación se muestran en la tabla 2.2 valores orientativos de estos tiempos [16].

Tabla 2.2. Valores orientativos de la vida útil y la vida media de varios tipos de lámparas.

Lámpara	Vida Media (horas)	Vida Útil (horas)
Incandescencia	1.000	1.000
Incandescencia Halógena	2.000	2.000
Fluorescencia Tubular	12.500	7.500
Fluorescencia Compacta	8.000	6.000
Vapor de Mercurio a Alta Presión	24.000	12.000
Luz Mezcla	9.000	6.000
Vapor de Sodio a Baja Presión	22.000	12.000
Vapor de Sodio a Alta Presión	20.000	15.000

Fuente: Guía Técnica de Iluminación Eficiente. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Madrid-España.



CAPITULO II



Propiedades Cromáticas: Las lámparas se pueden clasificar en función de su Índice de Reproducción Cromática (Ra) de la como se muestra en la tabla 2.3:

Tabla 2.3. Clasificación de las lámparas según su índice de reproducción cromática.

Clase	Ra
1 A	≥ 90
1 B	80 ÷ 89
2 A	70 ÷ 79
2 B	60 ÷ 69
3	40 ÷ 59
4	< 20

Fuente: Guía Técnica de Iluminación Eficiente. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.
Madrid-España.

La tabla 2.4 muestra los tipos de lámparas en función de sus características de temperatura de color e índice de reproducción cromática. [16].



CAPITULO II



Tabla 2.4. Tipos de lámparas en función de sus características de temperatura de color e índice de reproducción cromática.

Índice de reproducción cromática (Ra)	Clase	Cálido <3.300 K	Neutro 3.300-5.000 K	Frío >5.000 K
≥ 90	1 A	Halógenas	Fluorescencia lineal y compacta	Fluorescencia lineal y compacta
		Fluorescencia lineal y compacta	Halogenuros metálicos y cerámicos	
		Halogenuros metálicos y cerámicos		
80-89	1 B	Fluorescencia lineal y compacta	Fluorescencia lineal y compacta	Fluorescencia lineal y compacta
		Halogenuros metálicos y cerámicos	Halogenuros metálicos y cerámicos	
		Sodio blanco		
70-79	2 A	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos
< 70	2 B, 3, 4	Mercurio	Mercurio	
		Sodio		

Fuente: Guía Técnica de Iluminación Eficiente. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Madrid-España.

Tipos de Lámparas: Actualmente en el alumbrado artificial se emplean casi con exclusividad las lámparas eléctricas. Existen distintos tipos de fuentes de luz, la elección de un tipo u otro depende de las necesidades concretas de cada aplicación. A continuación se describen los distintos tipos de lámparas:



a) Lámparas incandescentes

Lámparas incandescentes no halógenas: Las lámparas incandescentes son las más utilizadas principalmente en el sector doméstico debido a su bajo coste, su versatilidad y su simplicidad de uso. Su funcionamiento se basa en hacer pasar una corriente eléctrica por un filamento de wolframio hasta que alcanza una temperatura tan elevada que emite radiaciones visibles por el ojo humano

Lámparas incandescentes halógenas: La incandescencia halógena mejora la vida y la eficacia de las lámparas incandescentes, aunque su coste es mayor y su uso más delicado. Incorporan un gas halógeno para evitar que se evapore el wolframio del filamento y se deposite en la ampolla disminuyendo el flujo útil como ocurre en las incandescentes estándar. [16].

b) Lámparas de descarga

Las lámparas de descarga constituyen una forma de producir luz más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. La luz se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. A diferencia de la incandescencia, la tecnología de descarga necesita un equipo auxiliar (balasto, cebador) para su funcionamiento. Según el tipo de gas y la presión a la que se le somete, existen distintos tipos de lámparas de descarga.

Lámparas fluorescentes tubulares: Son lámparas de vapor de mercurio a baja presión de elevada eficacia y vida. Las cualidades de color y su baja luminancia las hacen idóneas para interiores de altura reducida.

Ocupan el segundo lugar de consumo después de las incandescentes, principalmente en oficinas, comercios, locales públicos, industrias, etc. Las



CAPITULO II



lámparas fluorescentes más usadas hoy en día son las T8 (26mm de diámetro); sin embargo, se han desarrollado las T5 (16 mm de diámetro) que sólo funcionan con equipo auxiliar electrónico. Esto, junto a su menor diámetro les proporciona una alta eficacia luminosa, que puede alcanzar hasta 104 lm/W.

Lámparas fluorescentes compactas: Poseen el mismo funcionamiento que las lámparas fluorescentes tubulares y están formadas por uno o varios tubos fluorescentes doblados. Son una alternativa de mayor eficacia y mayor vida a las lámparas incandescentes. Algunas de estas lámparas compactas llevan el equipo auxiliar incorporado (lámparas integradas) y pueden sustituir directamente a las lámparas incandescentes en su portalámparas.

Lámparas fluorescentes sin electrodos: Las lámparas sin electrodos o de inducción emiten la luz mediante la transmisión de energía en presencia de un campo magnético, junto con una descarga en gas. Su principal característica es la larga vida (60.000 h) limitada sólo por los componentes electrónicos.

Lámparas de vapor de mercurio a alta presión: Por su mayor potencia emiten mayor flujo luminoso que la fluorescencia, aunque su eficacia es menor. Por su forma se suelen emplear en iluminación de grandes áreas (calles, naves industriales, etc.).

Lámparas de luz mezcla: Son una combinación de las lámparas de vapor de mercurio a alta presión y lámparas incandescentes y, habitualmente, un recubrimiento fosforescente. Estas lámparas no necesitan balasto ya que el filamento actúa como estabilizador de corriente. Su eficacia luminosa y su reproducción en color son muy pobres. Es un tipo de lámpara en desuso. [16]



CAPITULO II



Lámparas de halogenuros metálicos (Metal-Halide): Este tipo de lámpara posee halogenuros metálicos además del relleno de mercurio por lo que mejoran considerablemente la capacidad de reproducir el color, además de mejorar la eficacia. Su uso está muy extendido y es muy variado, por ejemplo, en alumbrado público, comercial, de fachadas, monumentos, etc

Lámparas de halogenuros metálicos cerámicos: Esta nueva familia de lámparas combina la tecnología de las lámparas de halogenuros metálicos con la tecnología de las lámparas de sodio de alta presión (quemador cerámico). El tubo de descarga cerámico, frente al cuarzo de los halogenuros metálicos convencionales, permite operar a temperaturas más altas, aumenta la vida útil (hasta 15.000 h), la eficacia luminosa y mejora la estabilidad del color a lo largo de la vida de las lámparas. En definitiva, combinan la luz blanca propia de los halogenuros metálicos, y la estabilidad y la eficacia del sodio.

Lámparas de vapor de sodio a baja presión: En estas lámparas se origina la descarga eléctrica en un tubo de vapor de sodio a baja presión produciéndose una radiación prácticamente monocromática. Actualmente son las lámparas más eficaces del mercado, es decir, las de menor consumo eléctrico; sin embargo, su uso está limitado a aplicaciones en las que el color de la luz (amarillento en este caso) no sea relevante como son autopistas, túneles, áreas industriales, etc. Además, su elevado tamaño para grandes potencias implica utilizar luminarias excesivamente grandes.

Lámparas de vapor de sodio a alta presión: Las lámparas de sodio a alta presión mejoran la reproducción cromática de las de baja presión y, aunque la eficacia disminuye su valor, sigue siendo alto comparado con otros tipos de lámparas. Además, su tamaño hace que el conjunto óptica-lámpara sea muy eficiente.



CAPITULO II



Actualmente está creciendo su uso al sustituir a las lámparas de vapor de mercurio, ya que presentan una mayor vida útil con una mayor eficacia. Este tipo de lámparas se emplean en instalaciones exteriores de tráfico e industriales, e instalaciones interiores industriales y comercios. [16].

Existe una tipología con mayor nivel de presión denominada Sodio Blanco, que proporciona la mayor reproducción cromática de las lámparas de sodio con eficacia menor. Estas lámparas se emplean en aplicaciones que requieran mayor índice de reproducción cromática, como son escaparates de comercios y edificios pintorescos de una ciudad, paseos, jardines, etc.

c) Lámparas de tecnología LED:

Los Diodos Emisores de Luz (LED: Lighting Emitting Diode) están basados en semiconductores que transforman directamente la corriente eléctrica en luz. No poseen filamento, por lo que tienen una elevada vida (hasta 50.000 horas) y son muy resistentes a los golpes. Además, son un 80 % más eficientes que las lámparas incandescentes.

Por estas razones están empezando a sustituir a las bombillas incandescentes y a las lámparas de bajo consumo en un gran número de aplicaciones, como escaparates, señalización luminosa, iluminación decorativa y entre otras.

Equipos auxiliares: Mientras que las lámparas incandescentes funcionan de forma estable al conectarlas directamente a la red, la mayor parte de las fuentes de luz requieren un equipo auxiliar para iniciar su funcionamiento o evitar crecimientos continuos de intensidad. En algunas lámparas, como las halógenas de baja tensión, la tensión de funcionamiento es distinta a la suministrada por la red por lo que requieren también de equipos auxiliares. Además determinan en gran medida las prestaciones



CAPITULO II



de servicio de la lámpara, en lo que a calidad y a economía en la producción de luz se refiere. Estos equipos tienen su propio consumo eléctrico que ha de ser tenido en cuenta al evaluar el sistema de iluminación en su conjunto.

Los equipos auxiliares más comunes son los balastos, arrancadores o cebadores, y condensadores, así como, transformadores para las lámparas halógenas de baja tensión. En caso de trabajar con equipo electrónico los tres componentes necesarios para el adecuado funcionamiento de la lámpara (equipo, cebador y condensador) se incorporan en un solo elemento.

Balastos: El balasto es el componente que limita (estabiliza) el consumo de corriente de la lámpara a sus parámetros óptimos. Es el balasto el que proporciona energía a la lámpara, por lo que las características de tensión, frecuencia e intensidad que suministre determinan el correcto funcionamiento del conjunto.

Arrancadores: El arrancador o cebador es el componente que proporciona en el momento del encendido, bien por sí mismo o en combinación con el balasto, la tensión requerida para el cebado de la lámpara. El arrancador puede ser eléctrico, electrónico o electromecánico.

Las características eléctricas del arrancador tienen una importancia fundamental en la vida de la lámpara. La tensión de pico, la corriente máxima (independiente/en serie), la posición de fase, y la tensión de conexión e interrupción tienen que ser las idóneas para lo requerido por tipo y potencia. Desde el punto de vista de la eficiencia energética los arrancadores suponen una pérdida entre el 0,8-1,5 % de la potencia de la lámpara

Condensadores: El condensador es el componente que corrige el factor de potencia a los valores definidos en normas y reglamentos en vigor. El resultado final



CAPITULO II



es una reducción de la potencia reactiva consumida que se traduce en un menor gasto energético y, por lo tanto, en una mayor eficiencia energética de la instalación. Las pérdidas en los condensadores suponen entre el 0,5-1 % de la potencia de la lámpara.

En los equipos auxiliares se emplean diferentes tecnologías:

Resistiva: emplea una resistencia como balasto. Es una tecnología de muy baja eficiencia. En la actualidad está prácticamente en desuso.

Inductiva: equipos electromagnéticos. Es la tecnología más empleada aunque tiende a sustituirse por la electrónica.

Electrónica: un equipo electrónico realiza las funciones de balasto y cebador. Además, en muchos casos, elimina la necesidad de condensador. De esta manera, usando un equipo electrónico en lugar de uno convencional se pueden conseguir ahorros de un 25-30 %. Y en caso de usar equipos electrónicos con posibilidad de regulación en lugares donde se puede aprovechar la luz natural estos ahorros pueden alcanzar el 70 %.

Desde el punto de vista energético, en función del tipo de equipo auxiliar que se emplee, las pérdidas en la potencia de la lámpara son del orden que se muestran en la tabla 2.5. [16]:



Tabla 2.5. Pérdidas en la potencia de la lámpara según el equipo auxiliar empleado.

Rango de pérdidas	Tipo de Equipo Auxiliar			
	Tipo de lámpara	Electromagnético estándar (Resistivo)	Electromagnético bajas pérdidas (Inductivo)	Electrónico
Fluorescencia		20-25 %	14-16 %	8-11 %
Descarga		14-20 %	8-12 %	6-8 %
Halógenos baja tensión		15-20 %	10-12 %	5-7 %

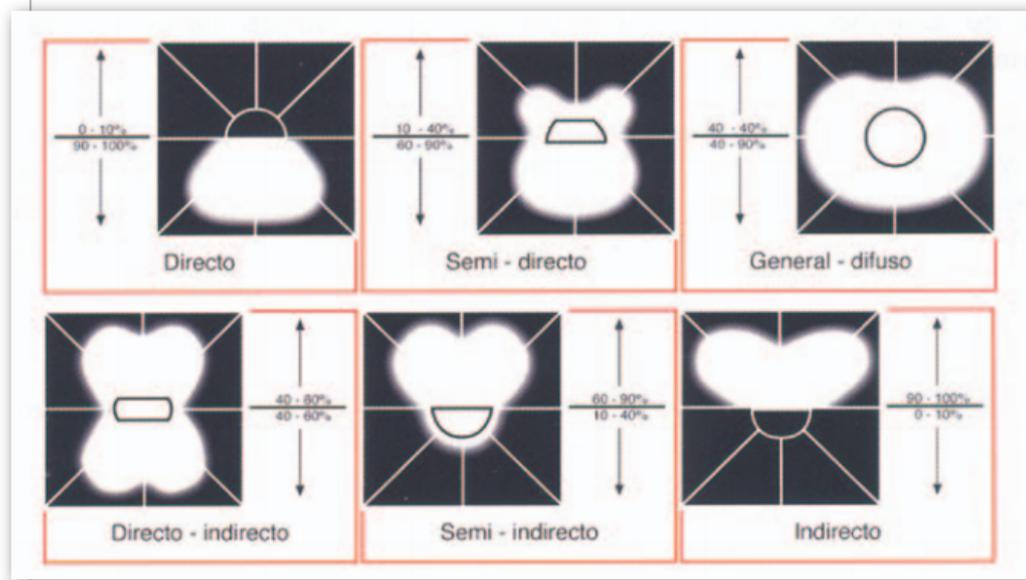
Fuente: Guía Técnica de Iluminación Eficiente. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Madrid-España.

2.2.3.4 Luminarias

Las luminarias son los equipos de alumbrado que reparten, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas. Comprenden todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación. Existen dos parámetros a tomar en cuenta en las luminarias y son:

a) **Distribución fotométrica:** Las luminarias se clasifican en función de su distribución fotométrica, es decir en función de la forma en que distribuye la luz. En la tabla 2.6 se muestran las luminarias en función de su distribución fotométrica:

Tabla 2.6. Las luminarias en función de su distribución fotométrica



Fuente: Guía Técnica de Iluminación Eficiente. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Madrid-España.

b) Rendimiento de la luminaria: El rendimiento de la luminaria es la relación existente entre el flujo luminoso que sale de ella y el flujo luminoso de la lámpara. La elección de la luminaria adecuada a cada caso dependerá de la tarea a realizar. Sin embargo, es importante tener en cuenta los dos parámetros anteriores, un elevado rendimiento y una apropiada distribución de la luz proporcionarán un sistema de alumbrado de calidad y bajo coste. . [17]:



2.2.4 Sistemas de Climatización

Consiste en el método a través del cual, se establecen las condiciones de temperatura, humedad y calidad del aire interior, dando origen a la sensación de confort térmico dentro de los espacios habitados y el mejoramiento de los diferentes procesos industriales. [18].

Estos sistemas controlan las moléculas del aire para subir o bajar la temperatura del mismo y así generar ambientes cálidos o frescos, dependiendo de las necesidades.

Como mínimo, las instalaciones de climatización deben efectuar los siguientes procesos básicos:

- Control de temperatura y humedad
- Ventilación y calidad del aire interior
- Filtrado
- Circulación

Estos procesos deben realizarse:

- Automáticamente
- Sin ruidos molestos
- Con el menor consumo energético
- Sin producir contaminación al medio ambiente

2.2.4.1 Generalidades

El propósito de los sistemas de confort térmico es crear condiciones atmosféricas que conduzcan al bienestar, como el caso de viviendas, oficinas, comercios, restaurantes, salas de fiestas, hospitales, teatros, etc., mientras que en los industriales



CAPITULO II



es el de controlar las condiciones atmosféricas para satisfacer los requisitos particulares de los procesos. Para lograr esos objetivos se detallan las funciones básicas a realizar:

Enfriamiento y deshumectación

Para lograr el confort en los locales, es necesario enfriar y además, deshumidificar el aire, porque el porcentaje de humedad relativa aumentaría en forma considerable, provocando una sensación de molestia y pesadez. Esta función se efectúa en un proceso único y simultáneo por medio de un serpentín o batería de enfriamiento en las cuales se absorbe el calor sensible y también el calor latente del aire, por efecto de la condensación sobre su superficie del vapor de agua que contiene, debido a que se lo enfría por debajo de su punto de rocío.

Ventilación

Consiste en la entrada de aire exterior, para renovar permanentemente el aire de recirculación del sistema en las proporciones necesarias a fin de lograr un adecuado nivel de pureza, dado que como resultado del proceso respiratorio, se consume oxígeno y se exhala anhídrido carbónico, por lo que debe suministrarse siempre aire nuevo a los locales para evitar que se produzcan viciamientos y olores.

Filtrado

Es la limpieza del aire y se cumple en la batería de filtros, quitándole al aire circulante el polvo, impurezas y partículas en suspensión y el grado de limpieza a lograr depende del tipo de instalación de acondicionamiento a efectuar. El filtro es el primer elemento a instalar en la circulación del aire porque no solo protege a los locales acondicionados sino también al mismo equipo de acondicionamiento.

Circulación del aire

Siempre debe haber un cierto movimiento de aire en la zona de permanencia con el fin de evitar su estancamiento, sin que se produzcan corrientes enérgicas que son



perjudiciales, el proceso de su circulación y distribución, se efectúa mediante ventiladores del tipo centrífugo, capaces de hacer circular los caudales de aire necesarios, venciendo las resistencias de frotamiento ocasionadas por los conductos de distribución, rejas, y los propios elementos de la unidad de tratamiento de aire como persianas, serpentines, filtros, etc., con bajo nivel de ruidos.

En los ambientes, la inyección del aire se realiza generalmente por medio de rejas sobre paredes o difusores sobre los cielorrasos y el retorno se efectúa por rejas colocadas adecuadamente en los locales, con el objetivo de conseguir un mínimo movimiento de aire en la zona de vida del local en cuestión, que se encuentra en un plano ubicado a 1,50 m sobre el nivel del piso. [18].

2.2.4.2 Clasificación de los sistemas de aire acondicionado

Se pueden clasificar de acuerdo a los fluidos de distribución del aire acondicionado en:

- Sistemas unitarios o autónomos
- Sistemas todo refrigerante
- Sistemas todo aire
- Sistemas todo agua
- Sistemas aire agua

Unitarios o autónomos

Equipos compactos auto contenidos de expansión directa colocados en ventana, pared o los mismos locales a servir, sin utilización de conductos o solo pequeños tramos de distribución, empleando rejillas o plenos de distribución de aire.



Todo refrigerante (split-systems)

Sistemas separados o splits consistiendo en unidades terminales en el espacio acondicionado, que constan de un serpentín de expansión directa con ventilador que recircula el aire del local, que es alimentado con refrigerante transportado por cañerías desde una unidad condensadora separada ubicada en el exterior.

Todo aire

El aire se prepara en un equipo unitario o unidad de tratamiento del aire con un serpentín de expansión directa o agua fría que se ubica alejado de los espacios que se acondicionan y se utiliza solo el aire como fluido termodinámico que llega a los locales, distribuido mediante un sistema de conductos y que sirve tanto para refrigerar como para calefaccionar

Todo agua

En el espacio acondicionado hay unidades terminales, denominadas fan-coil individuales (unidades de tratamiento de aire), que constan de un ventilador para circular el aire y un serpentín que se alimentan de agua fría por cañerías y bombas desde una unidad enfriadora de agua y por agua caliente desde una caldera

Aire-agua

Son sistemas mixtos donde los locales acondicionados están servidos por unidades terminales ubicados dentro de los locales y suministran el aire denominado secundario y el designado como primario proviene de unidades o equipos de tratamiento de aire remotos. [18].



2.2.4.3 Sistemas de refrigeración

En los ciclos que utilizan un fluido refrigerante se emplea la propiedad de hacerlos absorber calor en estado líquido para evaporarse a temperaturas y bajas presiones. Luego para restituirlos nuevamente a las condiciones iniciales se los hace condensar a mayor presión y temperatura, para ceder el calor al medio circundante normalmente aire o agua y los métodos o sistemas normalmente empleados son:

- Compresión
- Absorción

En el sistema de compresión la presión es incrementada desde el evaporador al condensador mediante el empleo de un compresor, que produce la succión del evaporador y la compresión al condensador y por ello, a estos sistemas se los denomina de refrigeración mecánica que son los más utilizados. En el sistema de absorción, la succión del evaporador se origina por un fluido absorbente y el aumento de presión se produce por el calor que suministra una fuente de calor. [19].

Los sistemas de refrigeración mecánica están compuestos de los siguientes elementos:

- Compresor
- Condensador
- Dispositivo de expansión
- Evaporador

Estos elementos, están incorporados en un circuito cerrado vinculados por medio de tuberías de interconexión, que permiten hacer circular el fluido refrigerante durante el ciclo, de forma continua, empleando ventiladores en el evaporador y

condensador, para favorecer la transferencia del calor mediante la circulación forzada del aire.

El funcionamiento se basa en un fluido refrigerante, al cual mediante una serie de dispositivos se le hace absorber calor en un lugar de baja temperatura como es el aire del local, transportarlo y cederlo a otro lugar de mayor temperatura, como puede ser el aire exterior y como el calor debe fluir de una fuente de baja a una de alta temperatura en contra de la tendencia natural, para lograr ese objetivo es necesario aportar energía o trabajo mecánico mediante un compresor.

El ciclo de refrigeración se basa en aprovechar las propiedades de cambios de estados físicas de las sustancias, como ser la vaporización o la condensación. [19].

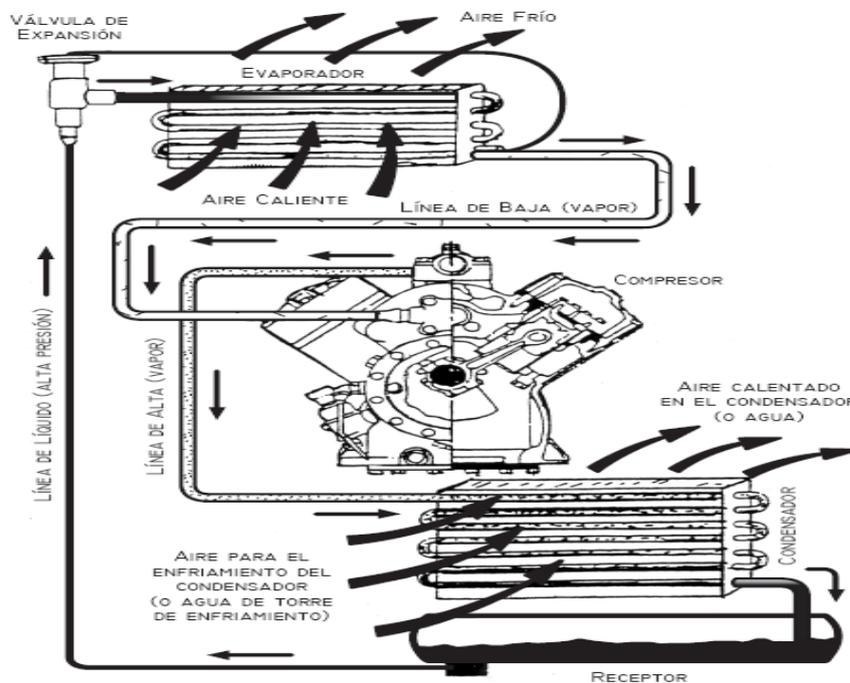


Figura 2.1. Ciclo básico del sistema de refrigeración

Fuente: Quadri N. (2001)



- **Compresores**

Es uno de los puntos de división entre el lado de baja presión y el lado de alta presión del circuito de refrigeración, dado que recibe vapor refrigerante a baja presión y baja temperatura proveniente del evaporador y la descarga a alta presión y temperatura en el condensador.

Según la forma de funcionamiento los compresores pueden clasificarse en:

1. Alternativo
2. Rotativo
3. Centrífugo
4. Axihelicoidal o tornillo
5. Espiral o scroll

- 1. Compresor alternativo**

Son similares en muchos aspectos a un motor de automóvil en la que el pistón al moverse alternativamente, produce la succión en la carrera descendente y la compresión en la ascendente.

- 2. Compresor rotativo**

Consta de una cámara cilíndrica cerrada, dentro de la cual gira un cilindro metálico cuyo eje de rotación no coincide con el eje de la cámara mediante unas aletas, que pueden introducirse más o menos profundamente en el cilindro giratorio, el espacio comprendido entre éste y las paredes interiores de la cámara, está dividido en recintos separados, cuyos volúmenes varían a causa de la excentricidad del eje de rotación con respecto al cilindro hueco.

3. Compresor centrífugo

Se impulsa el gas refrigerante, gracias a la fuerza centrífuga de un rotor que gira a alta velocidad, dotado de paletas de diseño especial el que toma el refrigerante de baja presión cedido por el evaporador y lo arroja hacia la periferia con una velocidad que da lugar a una elevada presión de descarga.

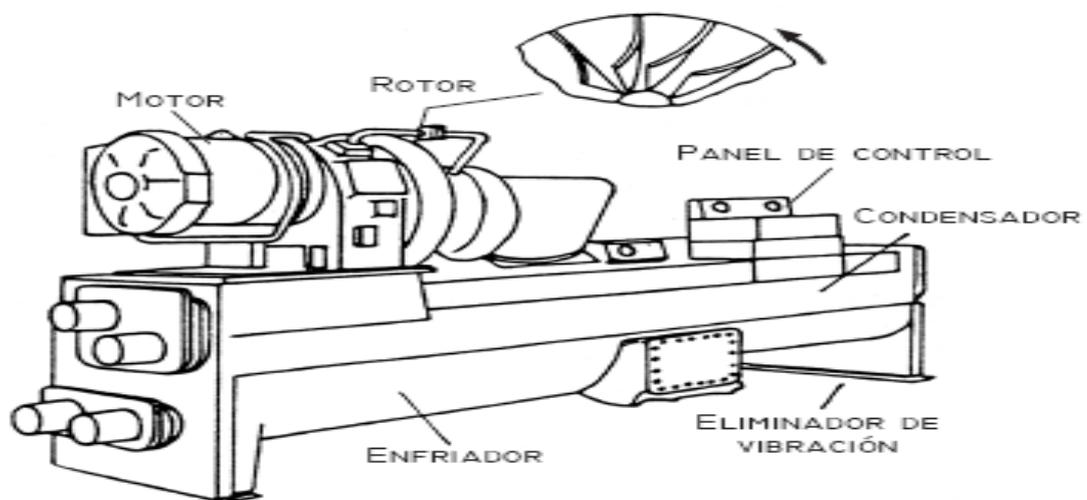


Figura 2.2. Partes de un compresor centrífugo

Fuente: Quadri N. (2001).

4. Compresor axihelicoidal (tornillo)

Este tipo de máquina origina la compresión del gas refrigerante mediante la utilización de dos engranajes helicoidales de desplazamiento positivo y por tal motivo suele denominárselos generalmente como compresores a tornillo.

5. Compresor a espiral

Se los suele denominar scroll y su principio de funcionamiento se basa en dos piezas en forma de espiral que forman al interactuar entre si bolsillos de gas, en la que un espiral permanece fijo mientras el otro orbita con un movimiento continuo que impulsa el gas refrigerante a espacios que van haciéndose mas pequeños,



CAPITULO II



aumentando su presión hasta alcanzar la descarga en el centro y de esa manera, se logra una compresión continua y uniforme. [19].

- **Condensadores**

Es un elemento del circuito frigorífico donde el gas refrigerante sobrecalentado y proveniente del compresor transfiere la carga térmica a un medio exterior que puede ser agua, aire o la combinación de ambos.

Las cantidades de calor sensible que el condensador debe eliminar para enfriar el sobrecalentamiento y producir el subenfriamiento es reducida comparada con la que tiene que eliminar para condensar el vapor saturado. Para lograr esos objetivos debe utilizarse un medio mas frío que puede ser el mismo aire exterior o agua reciclada y enfriada mediante una torre de enfriamiento. [19].

- **Torre de enfriamiento**

Es un dispositivo que recibe el agua impulsada por una bomba circuladora desde el condensador del equipo frigorífico y la vierte finamente distribuida sobre una superficie laberíntica y mediante un extractor se hace circular aire para facilitar la evaporación del agua y su consecuente enfriamiento, para luego ser recogida en una batea recolectora.

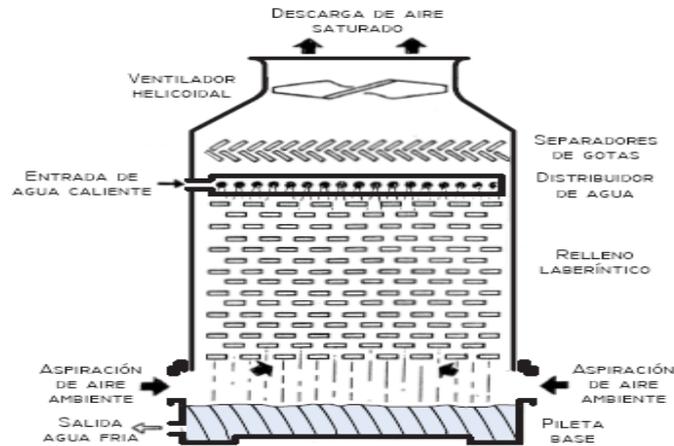


Figura 2.3. Torre de enfriamiento de tiro inducido vertical

Fuente: Quadri N. (2001).

- **Dispositivos de expansión**

El líquido refrigerante que se encuentra a elevada presión y temperatura debe ser devuelto al evaporador para continuar el proceso cíclico, pero en ese estado no está listo para ser evaporado, pues su presión y su temperatura son muy altas. Por ello, se utiliza el artificio de disminuir la presión del líquido en forma brusca, de modo que se produzca la repentina formación de vapor denominado flash-gas, que para generarse absorbe calor latente de la misma masa del líquido en forma de calor sensible y por lo tanto disminuye la temperatura.

- **Válvula de expansión**

Su misión es reducir la presión y además, regular el sobrecalentamiento del gas en la línea de succión, para evitar que llegue líquido no evaporado al compresor.

- **Tubo capilar**

Es el dispositivo de expansión más sencillo consistiendo en un tubo de longitud más o menos grande cuyo diámetro interior es considerablemente más pequeño que aquel que se usa para la línea del líquido del mismo sistema.



- **Evaporador**

Una vez que el líquido ha pasado por el dispositivo de expansión, el evaporador constituye el serpentín que en la zona a baja presión, produce la reducción de temperatura y quita la humedad del aire que mediante un ventilador circula exteriormente a través de él.

- **Accesorios**

- **Filtro secador**

El objetivo es absorber la humedad que pueda haber en el refrigerante en el aceite, dado que siempre hay presente algo de humedad, aún en equipos correctamente deshidratados, debiéndose instalar en la línea de líquido.

- **Indicador de líquido**

El propósito es de determinar si suficiente cantidad de líquido llega al dispositivo de expansión y debe instalarse entre el filtro secador y el dispositivo de expansión, lo más cerca posible de este último.

2.2.5 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (CO₂)

Desde una perspectiva globalizada, en la que la energía se veía solo como un instrumento al servicio del desarrollo, ligado al confort, el aumento de consumo energético significaba un incremento de bienestar y por tanto, cuanto mayor era la producción y consumo energético mayor sería la calidad de vida de la sociedad.

En el devenir del tiempo y ante los cambios de escenarios, las sociedades han aprendido que se debe disponer de un entorno saludable y por ello se debe tratar de



CAPITULO II



minimizar al máximo las consecuencias medioambientales que acarrea una gran producción energética con fuentes convencionales. Por ello es que se vienen desarrollando caminos convergentes, uno, el del uso racional de la energía, que sin menoscabo del confort minimice el consumo en cada etapa, mediante sistemas que favorezcan su ahorro a través de una mayor eficiencia en su gerencia, en los materiales de construcción, habitabilidad, procesos, y otros, al mismo tiempo que se aplican sistemas de limitación del consumo mediante automatización, e incluso se buscan fórmulas de aprovechamiento energético mediante sistemas de cogeneración, de modo que la energía desprendida en los procesos de transformación sea reutilizada, evitando así un nuevo gasto de producción.

Paralelamente se estudian, desarrollan y comienzan a utilizar métodos no convencionales de producción, que limitan a un mínimo tanto las emisiones de CO₂ que producen el efecto invernadero como el deterioro general del medio ambiente, abogando por una diversificación de las fuentes de energía, de modo que sea posible lograr un autoabastecimiento mediante sistemas productivos de desarrollo endógeno. El fin, minimizar los costos ambientales, manteniendo los niveles de bienestar, reduciendo en parte la contaminación y dando cumplimiento a los acuerdos internacionales de conservación del entorno. [20].

No obstante algunos países en vías de desarrollo, manifiestan altos niveles de malestar e incertidumbre ante la corresponsabilidad sobre los cambios climáticos y el efecto invernadero, señalando que no es razonable pedir un ajuste similar en la cuota de esfuerzo individual y colectivo, cuando los norteamericanos por ejemplo, según el escenario futuro previsto por la Agencia Internacional de la Energía (AIE) (2011), emitieron cada uno a la atmósfera 5,7 giga toneladas de CO₂, pero en términos per capita cada ciudadano norteamericano emitió 18,6 toneladas al año, frente a 4,3 de cada ciudadano chino. Equivale, en términos de CO₂, a 5 ciudadanos chinos. En otras palabras, piden que el mayor esfuerzo sea asumido por los países desarrollados.



CAPITULO II



Demostrando sin duda, que el reto político de involucrar más activamente a las economías emergentes en la lucha contra el cambio climático es clave si se quiere combatir con éxito este problema mundial. [20].

La percepción que tienen los expertos económicos en temas energéticos es que las emisiones de CO₂ van a seguir creciendo rápidamente, a menos que tenga lugar un cambio inesperado de escenario económico o un avance tecnológico importante. La mayoría de los estudios coinciden en la relación positiva entre crecimiento económico, consumo de energía y tecnología actual, emisiones de CO₂ y otros contaminantes.

De igual forma la (AIE) (2011), señala para el periodo 2006-2030 un crecimiento del (1,7% anual), y expresa que solamente es posible reducir el consumo de energía si el crecimiento cae por debajo del 1,6%. En este sentido, desde 1965 sólo en tres ocasiones (1975, 1982 y 1991) el crecimiento mundial ha caído por debajo de esta cifra, estando asociado a recesiones globales. [20].

De acuerdo con estadísticas de la Agencia Internacional de Energía (AIE), según sus siglas en inglés) (2011), Venezuela se encuentra entre los primeros cuatro países de Latinoamérica y el Caribe que expulsan más volúmenes de dióxido de carbono (CO₂) hacia la atmósfera, con una tasa que supera las 140 millones de toneladas anuales del principal gas causante del efecto invernadero. Una cantidad que sólo es superada, en la región, por México y Brasil. Sin embargo, un vecino de mayor extensión, como lo es Colombia, apenas despide un promedio de 60 millones de toneladas de CO₂, año tras año. [20].

Por ser productores de petróleo combustible fósil que al ser quemado despide CO₂, Venezuela, es una de las naciones latinoamericanas más contaminantes y el historial no es de data reciente, desde principios de los 90 no ha emitido menos de 100 millones de toneladas de gas. Sin embargo, en la actualidad, las emisiones locales



CAPITULO II



no representan el 1% del total mundial. Apenas rondan, según la ONU, 0,4% de las expulsiones globales.

La basura también es uno de los problemas ambientales más complicados de Venezuela. En promedio, cada habitante del país es capaz de generar desde 300 gramos hasta un kilo de basura al día. Cada diez segundos se producen poco más de dos toneladas de desperdicios en todo el territorio, lo cual da un total nacional de más de 18 mil toneladas diarias de desechos sólidos, muchos de los cuales, aproximadamente 20%, no son debidamente procesados, ni siquiera recogidos y se van acumulando. Caracas es una de las ciudades que más generan desperdicios, casi 25%, cinco mil toneladas diarias del total nacional.

En consecuencia y según los datos disponibles, la opción de “bajo crecimiento mundial” no es compatible con el desarrollo de las economías menos avanzadas y por lo tanto, no es una opción razonable para combatir el cambio climático. Sin embargo afrontar el reto de mejorar el entorno y la naturaleza conlleva al análisis y aplicación de alternativas factibles como las denominadas energías limpias o las nuevas tecnologías como la captura del carbono, la gasolina ecológica y/o el uso de gas natural doméstico y vehicular. Hay que considerar que los mayores esfuerzos van a provenir de los países desarrollados, ya que éstas son energías más onerosas. Por el contrario, los países en vías de desarrollo, particularmente India y China, perciben al carbón como la alternativa más barata y con menos problemas de suministro, lo que tiene todavía efectos más perniciosos sobre el medio ambiente al ser el carbón más contaminante que el petróleo. Es necesario mantener la propuesta por las energías renovables, pero a la vez, estimular una política más activa a favor del ahorro energético para luchar con éxito contra el cambio climático. [20].



2.2.6 Aprovechamiento de la energía solar y sistemas de energías alternativas para edificaciones

Recientemente la crisis energética que se avecina ha obligado a buscar fuentes de energía alternativa, esto para satisfacer las necesidades lumínicas y calóricas del hombre, enfocándose a la fuente de energía más grande con la que contamos: el sol, que ha tratado de usar de diversas maneras, en forma pasiva o implementando tecnologías para transformarla [21].

Las energías de que disponemos en nuestro planeta, exceptuando quizá la energía nuclear de fisión, provienen del astro Rey. De esta manera la energía hidráulica, la eólica, la de las mareas, los compuestos, la biomasa, las energías fósiles y la geotérmica, entre otras, todas provienen del Sol. Éste calienta el aire de la tierra para hacerlo ascender. Así se crean las corrientes de aire y viento. $6 \cdot 10^{21}$ J de energía se producen en un año. El sol produce energía calorífica y luminosa que las plantas utilizan para sintetizar sus minerales y realizar el proceso de fotosíntesis. Esas plantas crecen y pueden quemarse para obtener calor, o bien, quedar cubiertas de lodo, para experimentar durante siglos transformaciones metamórficas que las conviertan en carbón o, gracias a las bacterias, en gas y petróleo. [21].

Los combustibles fósiles podrían darnos unos $3 \cdot 10^{22}$ J. Al igual que con el viento, el Sol calienta el mar y da lugar a gradientes térmicos de $6 \cdot 10^{18}$ J al año. Al calentar el mar, el Sol evapora el agua para transformarla en vapor de agua, nubes, lluvia y ríos, es decir, en energía mecánica o hidráulica en $35 \cdot 10^{28}$ J al año, de los cuales menos del 50% son aprovechables a lo largo del año. Asimismo, la energía química de pilas y demás productos; la biomasa, los residuos vegetales y los animales, quemados, darían $3 \cdot 10^{21}$ J. Las mareas, resultado de la atracción que ejercen el sol y la luna sobre la tierra y el mar, ofrecen 10^{18} J al año. Podríamos seguir con más ejemplos, pero lo que queda claro es que el sol es la base de la vida en



nuestro planeta; que nos envía mucha energía, y que es lógico intentar su utilización de algún modo. En los siguientes apartados describiremos cómo. [21].

2.2.6.1 Arquitectura bioclimática

En el mundo de la arquitectura, el aprovechamiento de las condiciones climáticas y los recursos naturales existentes, en especial la energía solar para minimizar el consumo energético de un edificio, se conoce como arquitectura bioclimática [22].

La arquitectura bioclimática, o arquitectura solar pasiva, se refiere a las aplicaciones en que la energía solar se capta, se guarda y se distribuye de forma directa, es decir, sin mediación de elementos mecánicos. Se trata de diseñar y aportar soluciones constructivas, que permitan que un edificio determinado capte o rechace energía solar, según la época del año, a fin de regularla de acuerdo a las necesidades de calefacción, refrigeración o de luz. En estos casos, el aprovechamiento de la radiación que llega al edificio se basa en la optimización de la orientación; la definición de volúmenes y aberturas de los edificios; la selección de materiales apropiados, y la utilización de elementos de diseño específicos y adecuados. Los principios de esta arquitectura están en el mismo diseño:

- El entorno climático.
- La forma, orientación y distribución del edificio.
- Los cierres, el aislamiento y la inercia térmica.

El entorno climático: por su influencia directa en el confort térmico, es el primer factor a tener en cuenta a la hora de concebir un proyecto de arquitectura bioclimática.

El entorno físico está directamente relacionado con el climático y se refiere al



CAPITULO II



emplazamiento de la estructura. Los principales factores, son:

- **Altitud:** la temperatura atmosférica disminuye entre 0,5 y 1°C cada 100 m
- **Distancia al mar:** el mar hace de regulador térmico; eleva el nivel de humedad, y crea regímenes especiales de vientos, denominados brisas marinas y de tierra.
- **Orografía:** los sitios más elevados están más ventilados; reciben más radiación solar, y tienen menos humedad que los valles y depresiones.
- **Proximidad a vegetación:** por la acción del viento, hace de regulador térmico, y actúa como filtro de polvo, ruido y contaminantes.
- **Emplazamientos urbanos:** presencia de microclimas, con aumento de temperatura y contaminación, y posibles obstrucciones de la insolación entre las diferentes construcciones vecinas.

La forma, orientación y distribución: La forma de un edificio interviene de manera directa en el aprovechamiento climático del entorno, esto a través de dos elementos básicos: la superficie y el volumen. Con relación a la superficie de la vivienda, por los intercambios de calor entre el exterior y el interior de un edificio, a mayor superficie más capacidad para intercambiar calor entre exterior e interior. El volumen del edificio está directamente relacionado con la capacidad para almacenar energía: a más volumen, más capacidad para almacenar calor. [22].

Una manera de cuantificar la relación entre la forma de un edificio y su capacidad para intercambiar calor con el exterior, es tomar en consideración el factor de forma, que es el cociente entre la superficie del edificio y su volumen. Para climas fríos conviene un pequeño factor de forma, entre 0,5 y 0,8, mientras que para climas cálidos conviene uno grande, superior al 1,2.

Otro aspecto que interviene en el mecanismo de intercambio energético entre



CAPITULO II



la estructura y el exterior, es el color de la fachada. Los colores claros en la fachada de un edificio facilitan la reflexión de la luz natural y, por lo tanto, ayudan a repeler el calor de la insolación. Contrariamente los colores oscuros facilitan la captación solar.

La orientación de un edificio determina su exposición al sol y a los vientos. La orientación sur de un edificio, por ejemplo, es la más favorable en los climas mediterráneos.

Los cierres, aislamiento térmico e inercia térmica: La función principal de los cierres de un edificio es preservar las condiciones interiores, independientemente de las exteriores. Una de las maneras de conseguirlo es a través de la disminución del intercambio de calor entre el interior y el exterior, de forma que los muros ejerzan una función de aislamiento térmico tomando en cuenta:

1. El grosor del material
2. Las dimensiones del cierre
3. Las propiedades termofísicas de los materiales que lo componen.

La transferencia de calor a través de los materiales, se puede realizar mediante los mecanismos de conducción, convección y radiación. El efecto conjunto de las tres formas de transferencia de calor, se expresa mediante el coeficiente global de pérdidas de cierre (K), que representa la cantidad de energía calorífica disipada por un cierre por segundo, por metro cuadrado de superficie y por cada grado centígrado de diferencia entre la temperatura exterior y la interior, entre más pequeña, más aislado estará el edificio.

La masa de un edificio tiene la capacidad de almacenar energía en forma de calor. Ésta puede ser liberada nuevamente al ambiente, cuando la temperatura del entorno es menor a la temperatura de los materiales. Así, se consigue evitar las



CAPITULO II



variaciones de temperatura dentro del piso. A esto se le llama inercia térmica, es decir, a la capacidad de realizarlo. Se mide con base en la capacidad térmica, a partir de la cantidad de calor que puede almacenar un elemento por unidad de masa, al incrementar su temperatura un grado centígrado. Si es mayor, mejor: entre más inercia térmica tengan, más ayudan a aislar el edificio y a mantener una temperatura constante en el interior. [22].

Combinando un buen diseño de sistemas de iluminación naturales, con las formas de aprovechar el calor solar y las posibilidades reguladoras de muchos materiales, y aislando o refrescando bien toda la estructura según las necesidades, conseguiremos, con la incorporación de paneles solares en edificios y casas, ser completamente autónomos energéticamente, además de no enviar energía calorífica a la tierra, con lo que tampoco se va a calentar. Cuando las casas y edificios del planeta se construyan con estos criterios, habremos ganado la batalla contra nosotros mismos, en busca de la energía verde perfecta. [22].

2.2.6.2 Arquitectura sustentable

La arquitectura sustentable, también denominada arquitectura sostenible, arquitectura verde, eco-arquitectura y arquitectura ambientalmente consciente, es un modo de concebir el diseño arquitectónico de manera sostenible, buscando aprovechar los recursos naturales de tal modo que minimicen el impacto ambiental de los edificios sobre el medio ambiente y sus habitantes [23].

Los principios de la arquitectura sostenible incluyen:

- La consideración de las condiciones climáticas, la hidrografía y los ecosistemas del entorno en que se construyen los edificios, para obtener el máximo rendimiento con el menor impacto.



- La eficacia y moderación en el uso de materiales de construcción, primando los de bajo contenido energético frente a los de alto contenido energético
- La reducción del consumo de energía para calefacción, refrigeración, iluminación y otros equipamientos, cubriendo el resto de la demanda con fuentes de energía renovables
- La minimización del balance energético global de la edificación, abarcando las fases de diseño, construcción, utilización y final de su vida útil.
- El cumplimiento de los requisitos de confort higrotérmico, salubridad, iluminación y habitabilidad de las edificaciones. [23].

2.2.6.3 Energías alternativas en arquitectura

Las energías alternativas en la arquitectura implican el uso de dispositivos solares activos, tales como paneles fotovoltaicos o generadores eólicos que ayudan a proporcionar electricidad sustentable para cualquier uso.

Se han construido edificios que incluso se mueven a través del día para seguir al sol. Los generadores eólicos se están utilizando cada vez más en zonas donde la velocidad del viento es suficiente con tamaños menores a 8 m de diámetro. Los sistemas de calefacción solar activos mediante agua cubren total o parcialmente las necesidades de calefacción a lo largo del año de una manera sustentable.

Los edificios que utilizan una combinación de estos métodos alcanzan la meta más alta que consiste en una demanda de energía cero y en los 80s se denominaban autosuficientes. Una nueva tendencia consiste en generar energía y venderla a la red para lo cual es necesario contar con legislación específica, políticas de promoción de las energías renovables y programas de subsidios estatales. De esta forma se evitan los costos excesivos que representan los sistemas de acumulación de energía en



CAPITULO II



edificios.

Uno de los ejemplos más notables es la *Academia de Mont-Cenis* en Alemania de los arquitectos Jourda & Perroudin inaugurado en 1999 [24].

Otras formas de generación de energía basadas en fuentes renovables son la energía solar térmica (para calefacción, agua caliente sanitaria y aire acondicionado), biomasa o incluso la geotérmica. Lo ideal para garantizar el suministro energético durante todo el año, bajo condiciones climáticas y ambientales cambiantes, es combinar las diferentes fuentes.

Un ejemplo de lo anteriormente expuesto son los llamados edificio energía cero (EEC) o edificio energía neta cero es un término aplicado a edificios con un consumo de energía neta cercana a cero en un año típico. En otras palabras, la energía proviene del propio edificio mediante fuentes de energías renovables que deberá ser igual a la energía demandada por el edificio.

Un edificio que se acerque a un uso de la energía próximo a cero se denomina cercano a edificio energía cero o edificio energía ultra-baja. Los que producen un exceso de energía se conocen como edificios energía plus. [25].

Aunque los edificios energía cero siguen siendo infrecuentes en los países desarrollados, están ganando en importancia y popularidad. La proximidad de hacer masivos los edificios energía cero implica una solución potencial a una gama de problemas sociales y ambientales, incluyendo la reducción de las emisiones de CO₂, la reducción de dependencia de la energía fósil para el funcionamiento de los sistemas de climatización, las importaciones de petróleo y derivados, y el uso racional de combustible fósil para otros usos mejorando los problemas de abastecimiento en un escenario de crisis energética, precios crecientes y agotamiento del recurso fósil. [25].



2.2.6.4 Integración de energías alternativas en edificaciones

La energía solar fotovoltaica (PV) o electricidad solar convierte la luz del sol directamente en electricidad. Esta electricidad generada a partir de la energía solar se puede utilizar exactamente igual que la electricidad que hay en la red, para viviendas, comercios, oficinas, instituciones, colegios etc. en iluminación, aire acondicionado, electrodomésticos, computadores, etc. La energía fotovoltaica es muy útil en sitios remotos como fuente de energía para bombear agua, electrificar cercas, aireación, etc., y actualmente estos sistemas tienen un amplio auge en centros urbanos integrado a las estructuras logrando que la energía eléctrica que generan sea usada para suplir una parte de la carga eléctrica del edificio o casa. [26].

La ventaja de estos sistemas es que aprovechan parte de la estructura original para la colocación de los elementos que la conforman siendo los paneles, que tienen que estar expuestos en el exterior, integrados a la estructura formando parte de ella y de su diseño arquitectónico. En las figuras 2.4, 2.5 y 2.6 podemos observar algunas maneras de integración arquitectónica que suelen usar los fabricantes de paneles y equipos solares. [27].

CUBIERTAS PLANAS

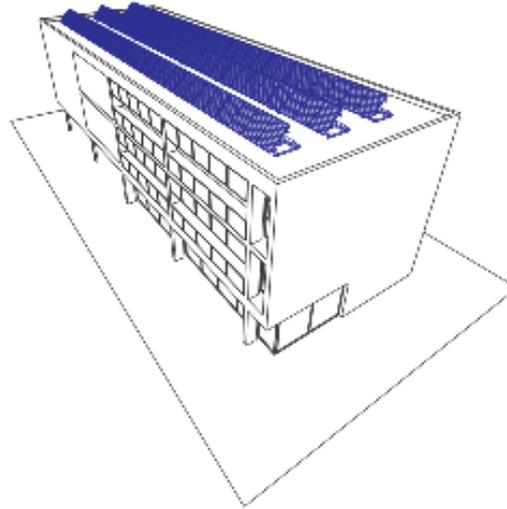


Figura 2.4. Integración de paneles solares en el techo de un edificio
Fuente: Isofotón España. Integración arquitectónica de la energía solar.

PARASOLES

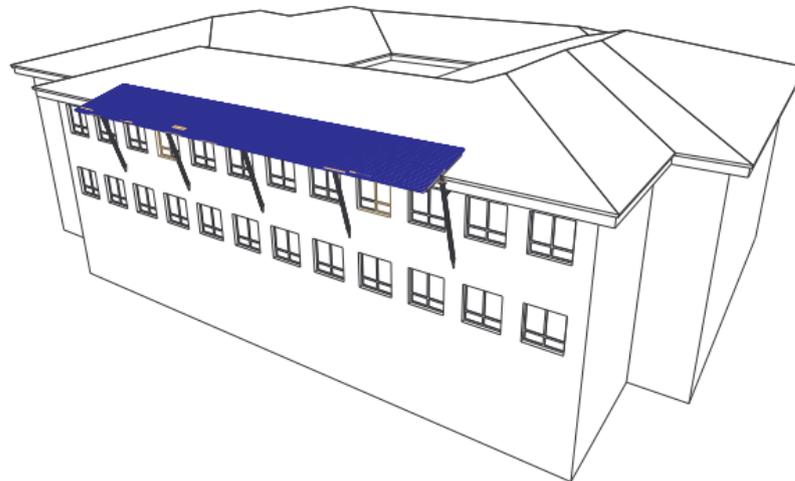


Figura 2.5. Integración de paneles solares como parasoles de un edificio
Fuente: Isofotón España. Integración arquitectónica de la energía solar.

FACHADAS

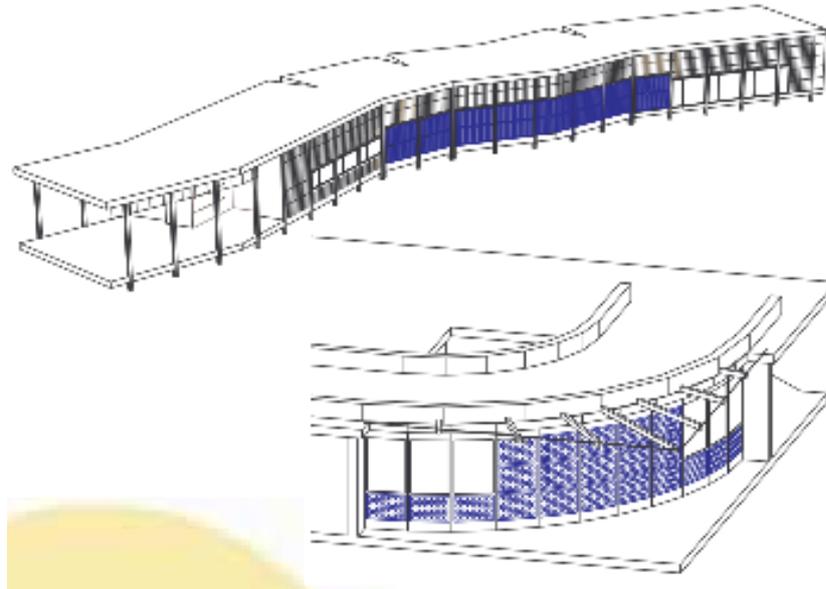


Figura 2.6. Integración de paneles solares como parasoles de un edificio

Fuente: Isofotón España. Integración arquitectónica de la energía solar.

Existen otras maneras de obtener energía limpia en los centros urbanos de manera eficiente como por ejemplo a través de la energía eólica. Aprovechando la altura de algunas edificaciones para colocar aerogeneradores como en el caso del la torre del Word Trade Center en Bahrein que como se muestra en la figura 2.4 tiene 3 generadores eólicos, estos suplen parte de la carga eléctrica de la edificación. Es el primer edificio en todo el mundo en un desarrollo comercial que cuenta con turbinas generadoras de viento de gran escala en su diseño y junto con el poder del viento genera su propia fuente alternativa de energía. Las tres grandes turbinas de viento, que miden 29 metros de diámetro, están soportadas por puentes que se cruzan entre ambas torres de 240 metros de alto. A través de su posicionamiento y su único diseño aerodinámico, aunado a la prevalente brisa del Golfo se canaliza hacia las turbinas, ayudando así a crear mucho más poder de generación de energía y eficiencia.



CAPITULO II



Una vez en operación las turbinas generarán aproximadamente del 11% al 15% de los requerimientos de energía de las torres, eliminando alrededor de 55,000 Kg cúbicos de emisiones de carbón al ambiente cada año. Incorporando las turbinas de viento como una fuente alternativa de energía para las torres generarán de 1100 a 1300 MWh por año, lo cuál equivale a iluminar 300 casas por más de un año y creará considerables ahorros anuales [27].



Figura 2.7. Vista de los generadores eólicos de la torres del Word Trade Center en Bahrein, Golfo Pérsico.

Fuente: Blog de energías renovables. erenovable.com



2.2.7 Evaluación Técnica – Económica

La evaluación se considera como el medio a través del cual, se provee información relevante para discernir sobre la toma de decisiones. Describe la factibilidad, conveniencia y confiabilidad de realizar un proyecto, estimando el beneficio de acuerdo a algunos criterios, planteando las correspondientes recomendaciones. En palabras de Sapag y Sapag (2003), “Se entiende como el instrumento o herramienta que provee información a quien debe tomar decisiones (...)” (p. 4). En base a los criterios establecidos, se distinguen los siguientes tipos de evaluaciones: Técnica, institucional, financiera, económica y social. En el caso de estudio, se describe la factibilidad planteada a través de los tipos de evaluación técnica y económica.

Factibilidad Técnica

Comprende los aspectos relacionados con las características técnicas, funcionamiento y operatividad de los sistemas, en el marco de los objetivos propuestos, cumplimiento de normas y regulaciones. Analizando las distintas alternativas, condiciones tecnológicas actuales y propuestas de mejoras, compatibles con la disponibilidad de recursos e insumos del área de incidencia, al menor costo posible. Según Sapag y Sapag (2003) “... determina la función óptima para la utilización eficiente y eficaz de los recursos disponibles para la producción del bien o servicio deseado” (p. 6).

Factibilidad Económica

Comprende los aspectos relacionados con la medida de la eficacia de los costos asociados a un proyecto, idea, solución o alternativa, comparando los beneficios proyectados asociados a una decisión de inversión. Analizando objetiva y



CAPITULO II



cuantitativamente la posibilidad de que los costos puedan ser cubiertos oportunamente, dilucidando la conveniencia de inversión y midiendo la rentabilidad, a través de los métodos del Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR). En palabras de Luna, R. (1999). "... los recursos siempre son limitados, es necesario tomar una decisión; (...) sobre la base de evidencias y cálculos correctos, de manera que se tenga mucha seguridad de que el negocio se desempeñará correctamente y que producirá ganancias". (p. s/n) [29]. En la presente investigación la factibilidad económica se determinará a través del cálculo del valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y la relación costo – beneficio de las alternativas de optimización técnicamente factibles, de los nuevos sistemas y técnicas propuestas para los servicios eléctricos de los edificios I y II de la nueva sede de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

Método del Valor Actual Neto (VAN)

Se define como la determinación del valor actual de los flujos de caja que se esperan en el transcurso de la inversión, tanto de los flujos positivos como de las salidas de capital, incluyendo la inversión inicial, representadas con signo negativo, mediante su descuento a una tasa o costo de capital adecuado al valor temporal del dinero y al riesgo de la inversión. Según este criterio, es recomendable realizar aquellas inversiones cuyo valor actual neto sea positivo. El (VAN) es calculado a través del flujo de caja actual, trasladando todas las cantidades futuras al presente. Baca, U. G. (2001) lo define como "el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados de la inversión inicial". (p. s/n). [30]. A fin de descontar los flujos de caja proyectados para determinar si la inversión en las alternativas proyectadas rinde mayores beneficios, a una tasa de interés predeterminada, durante el tiempo estimado. El flujo de caja, presupuesto de caja o flujo de fondos, consiste en un esquema que presenta sistemáticamente los ingresos y egresos de efectivo registrados durante un período determinado; permitiendo el análisis financiero



CAPITULO II



correspondiente, que sirve para conocer la capacidad de pago de la empresa. Matemáticamente el (VAN) se expresa de la forma siguiente:

Ecuación 1. Valor Actual Neto (VAN).

$$VAN = \sum_1^n \left(\frac{Bn}{(1+i)^n} - C \right) \quad (2)$$

Donde:

- Bn: es el beneficio neto total actualizado.
- C: es el costo del proyecto, es decir, la inversión.
- i: es la tasa de interés predeterminada (costo de capital).
- n: es el número de años de vida del proyecto.

Método de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se define como la tasa de interés, con la cual, el valor actual neto (VAN) es igual a cero. En otras palabras, es la tasa de interés por medio de la cual se recupera la inversión. Para que un proyecto se considere rentable, la (TIR) debe ser superior al costo del capital empleado. Para Bodie y Merton (2003) “La (TIR) o rendimiento al vencimiento, es la tasa de descuento que hace que el valor presente de las entradas futuras de efectivo sea igual al desembolso requerido”. (p. s/n). [31]. Matemáticamente la (TIR) se expresa de la forma siguiente:

Ecuación 2. Tasa Interna de Retorno (TIR).

$$\sum_1^n \left(\frac{Bn}{(1+i)^n} - C \right) = 0 \quad (3)$$



CAPITULO II



Donde:

- Bn: es el beneficio neto total actualizado.
- C: es el costo del proyecto, es decir, la inversión.
- i: es la tasa de interés predeterminada.
- n: es el número de años de vida del proyecto.

Relación Costo-Beneficio (C/B)

Este coeficiente puede definirse como el cociente entre el valor actualizado del flujo de beneficios y el valor actualizado del flujo de costos. Al aplicar la relación Beneficio/Costo, es importante determinar las cantidades que constituyen los ingresos llamados o beneficios y las cantidades que constituyen los egresos o costos. La relación costo beneficio toma los ingresos y egresos presentes netos del estado de resultado, para determinar cuáles son los beneficios por cada bolívar invertido. Los ingresos y los egresos deben ser calculados utilizando el (VAP). El análisis de la relación B/C, toma valores mayores, menores o iguales a 1, lo que implica que:

- $B/C > 1$ implica que los ingresos son mayores que los egresos, entonces el proyecto es aconsejable.
- $B/C = 1$ implica que los ingresos son iguales que los egresos, entonces el proyecto es indiferente.
- $B/C < 1$ implica que los ingresos son menores que los egresos, entonces el proyecto no es aconsejable.

Igualmente Bodie y Merton (2003) refieren que “El costo-beneficio es un razonamiento basado en el principio de obtener los mayores resultados al menor



esfuerzo invertido, tanto por eficiencia técnica como por motivación humana”. (p. s/n). [32]. Matemáticamente (C/B) se expresa de la forma siguiente:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_1^N \left(\frac{Ln}{(1+i)^n} \right)}{\sum_1^N \left(\frac{En}{(1+i)^n} \right)} \quad (4)$$

Donde:

- In: es el ingreso neto anual.
- En: es el egreso neto anual.
- i: es la tasa de actualización.
- n: es el número de años de vida del proyecto.

En este sentido el análisis de costo-beneficio es una técnica importante para la toma de decisiones, al permitir determinar la conveniencia de alternativas, mediante la valoración en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados de una propuesta o proyecto de inversión.

Periodo De Recuperación De La Inversión (PRI)

Es un indicador que mide tanto la liquidez del proyecto como también el riesgo relativo pues permite anticipar los eventos en el corto plazo. Este instrumento permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial.

Las principales desventajas que presenta este indicador son las siguientes: Ignora los flujos netos de efectivo más allá del periodo de recuperación; sesga los proyectos a largo plazo que pueden ser más rentables que los proyectos a



CAPITULO II



corto plazo; ignora el valor del dinero en el tiempo cuando no se aplica una tasa de descuento o costo de capital.



3.1 GLOSARIO DE TÉRMINOS

Aerogenerador: es una máquina eólica a la cual se le acopla un generador eléctrico capaz de transformar la energía mecánica de rotación en energía eléctrica.

Ahorro de Energía: El ahorro de energía en el hogar se puede conseguir, tanto por el uso de equipos más eficientes energéticamente, como por la aplicación de prácticas más responsables con los equipos que la consumen.

Aislamiento térmico: Los aislantes térmicos que se colocan en techos, tabiques y muros tienen la propiedad de impedir el paso del calor en ambos sentidos; por eso evitan que en invierno se escape el calor al exterior y que en verano entre el calor en la vivienda. Los materiales aislantes pueden ser de origen vegetal (corcho, fibra de madera, etc.) sintético (espuma de poliuretano, poliestireno, espumas fenólicas, etc.). Se pueden colocar sobre la cara interna o externa de los paramentos, o incluso en el interior

Calentamiento de la tierra: Cambios en la temperatura de la superficie y el aire que se producen a causa del efecto invernadero inducido por la emisión al aire de gases como el dióxido de carbono o el metano.

Capa de ozono: El ozono es uno de los gases que integran la atmósfera y cumple un papel de especial importancia en la absorción de los rayos ultravioletas, nocivos para la vida. El agujero de la capa de ozono se produce por la reducción de la proporción de ozono que provocan las emisiones de gases perjudiciales, como los CFCs (clorofluoruro-carbonados). A través de dichos agujeros pueden penetrar las radiaciones ultravioletas, altamente peligrosas.



CAPITULO II



Efecto invernadero: Es el efecto de atrapar el calor del sol, debido al cambio de longitud de onda que se produce en la radiación solar al atravesar determinados medios y luego no poder volver a escaparse a la atmósfera. Cuando hay exceso de algunos gases, como el CO₂, este efecto aumenta artificialmente, con peligro de que eleve la temperatura y se provoquen desertizaciones, disminución de las masas de hielo polares e inundaciones.

Eficacia luminosa: Relación entre el flujo luminoso emitido por una fuente y su potencia eléctrica absorbida. Se expresa en Lúmenes/vatio (lm/W).

Energía limpia: Una energía se considera limpia cuando su utilización no tiene riesgos potenciales añadidos, y suponen un nulo o escaso impacto ambiental. Prácticamente no existe una energía limpia 100%. Las alteraciones que pueda provocar una energía limpia -considerando su ciclo de vida-, no son relevantes como para alterar ecosistemas, ciclos hidrológicos, o generar residuos que la naturaleza no pueda asimilar previamente tratados. Con esta definición quedan excluidas por ejemplo, las grandes represas y la energía nuclear. Las energías limpias, son renovables y compatibles con sociedades sustentables.

Energía primaria: Se entiende por energía primaria a las distintas fuentes de energía tal como se obtienen en la naturaleza, ya sea: en forma directa como en el caso de la energía hidráulica, eólica o solar, la leña y otros combustibles vegetales; o después de un proceso de extracción como el petróleo, carbón mineral, geoenergía, etc.

Energía Verde: Energía que se produce con recursos renovables.

Factibilidad: Es el grado en que lograr algo es posible o las posibilidades que tiene de lograrse.



CAPITULO II



Generador eléctrico: máquina rotatoria que trabaja como generador de electricidad, puede ser asíncrono o asíncrono y de tensión de salida continua o alterna.

kWh: Símbolo para el Kilo Vatio-hora, unidad de energía eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades, equivalente a 3,6 millones de Julios y que expresa la energía que desarrolla un equipo generador, de 1000 vatio de potencia durante una hora, o consume un equipo consumidor de la misma potencia durante el mismo tiempo.

Potencia: Cantidad de energía eléctrica o trabajo, que se transporta o que se consume en una determinada unidad de tiempo. Si la tensión se mantiene constante, la potencia es directamente proporcional a la corriente (intensidad) de un aparato para dar servicio en la unidad de tiempo.

Potencial energético: Cantidad total de energía presente en la naturaleza, independiente de cuál sea la fuente energética, posible de ser aprovechada mediante el uso de tecnología.

Protocolo de Kyoto: Acuerdo internacional de 1997 para reducir, en el periodo 2008 a 2012, un 5,2 por ciento de media la emisión combinada de gases con efecto de invernadero respecto a los niveles de 1990.

Rendimiento: Es la relación que existe entre la energía que realmente transforma en energía útil y la que requiere un determinado equipo para su funcionamiento.

Sistema Aislado o Remoto: Sistema fotovoltaico autónomo, no conectado a red. Estos sistemas requieren baterías u otras formas de acumulación. Suelen utilizarse en lugares remotos o de difícil acceso.



CAPITULO II



Sistemas híbridos: Sistemas fotovoltaico con sistemas complementarios o auxiliares de generación eléctrica tales como aerogeneradores o generadores diesel.

Silicio amorfo: Color negro, o marrón oscuro uniforme. Bajo costo, pero con menor eficiencia (entre 5-7%, independiente de la temperatura).

Silicio monocristalina: Color azul oscuro, levemente translucido. Alto costo, pero con mayor eficiencia (supera 13%) con valores menores cuando la temperatura supera 25°C.

Silicio policristalino: Color normalmente azul oscuro vetado, levemente translucido: también disponible en marrón o gris vetado, etc. Precio menor que monocristalina con menor eficiencia (11%) con valores menores cuando la temperatura supera 25°C.

Toneladas de Refrigeración (T.R): Es la unidad de medida nominal empleada en algunos países, especialmente de Norteamérica, para referirse a la capacidad de extracción de carga térmica de las máquinas frigoríficas y equipos de aire acondicionado, equivale a una potencia capaz de extraer 12.000 BTUs de calor por hora, es decir que, en el SI, equivale a 3,517 kW (3.517 W). Este valor proviene de la cantidad de calor constante necesario para derretir una Tonelada de hielo en 24 horas; al pasar una Tonelada de hielo de estado sólido a líquido, ésta absorberá 288.000 BTUs del ambiente que le rodea. Suponiendo que este proceso lleve 24 horas, dividimos 288.000/24 y el resultado es 12.000 BTU/h. Es una unidad llamada a desaparecer con la implantación del Sistema Internacional de Unidades.

Viabilidad Económica: Condición que evalúa la conveniencia o posibilidad de un sistema, proyecto o idea, al que califica, atendiendo la relación que existe entre los recursos empleados para obtenerlo y los disponibles, a través de la rentabilidad,



CAPITULO II



costo/beneficio y otros aspectos en términos económicos.

Viabilidad Técnica: Condición que evalúa la conveniencia o posibilidad de un sistema, proyecto o idea, al que califica, atendiendo las condiciones de seguridad, tecnología disponible, resistencia estructural, durabilidad, operatividad, implicaciones energéticas, mecanismos de control, eficiencia, calidad y otros aspectos en términos técnico, según sea el campo del que se trate.

Vida Útil: Horas de funcionamiento de un equipo y que en la que mantiene los parámetros mínimos de funcionamiento, al salir de este rango se considera que ha terminado su “Vida Útil” o capacidad de funcionamiento correcto.



CAPITULO III

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo Proyectiva, tomando como referencia los señalamientos de Hurtado, J. (2000):

...consiste en la elaboración de una propuesta, un plan, un programa o modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, institución, o región geográfica, en un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y de las tendencias futuras, es decir, con base en los resultados de un proceso investigativo. (p. 49) [33].

La investigación es de tipo Proyectiva ya que se evaluará la factibilidad técnica – económica de eficiencia energética al proyecto eléctrico del edificio principal de la facultad de ciencias económicas y sociales de la Universidad de Carabobo, con la finalidad de identificar alternativas para la reducción del consumo de energía, ahorro de costos y minimización del impacto ambiental de los gases que contribuyen al efecto invernadero por parte de la institución. En esta investigación, los eventos de estudio están planteados como:

- **Evento a modificar:** Eficiencia energética del proyecto eléctrico del edificio principal de la facultad de ciencias económicas y sociales de la Universidad de Carabobo mediante la evaluación de la factibilidad técnica – económica.
- **Proceso causal o proceso generador:** Las variables que inciden sobre el consumo de energía eléctrica, los costos de operación y los costos de



CAPITULO III



mantenimiento, precisando las causas que dan origen a las condiciones técnicas y operativas de los sistemas eléctricos de la institución.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se enmarca en un diseño de campo. Para Balestrini (1998), "...la investigación de campo sucede cuando los datos se recogen de manera directa de la realidad en su ambiente natural, con la aplicación de determinados instrumentos de recolección de información, considerándose de esta forma que los datos son primarios". (p. 8). [33]. En esta investigación, los datos están representados por los elementos, características de operatividad y consumo energético, de los sistemas de iluminación y climatización ubicados en el edificio principal de la facultad de ciencias económicas y sociales de la Universidad de Carabobo.

3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En función de los objetivos definidos en el presente estudio, se emplearán una serie de técnicas de recolección de la información orientadas de manera esencial a alcanzar los fines propuestos. Las técnicas utilizadas para recopilar la información serán las siguientes:

1. **Técnicas Documentales:** Se elabora una participación escrita a Planta física dirigida al arquitecto Eduardo Rondón, director de la misma, notificándole sobre el proceso de investigación y agradeciéndole su participación y colaboración para el análisis documental de la información técnica del proyecto existente de ingeniería eléctrica, que es punto de partida para la presente investigación, complementando con un análisis de fuentes documentales mediante lectura general de textos relacionados con el tema y otros aspectos técnicos que son



CAPITULO III



fundamentales en el desarrollo de planteamientos esenciales y aspectos lógicos de su contenido, a propósito de extraer algunos datos bibliográficos útiles para el estudio que se está realizando. Estas técnicas también aplican a la búsqueda de la información por Internet para artículos referentes al tema de investigación, definiciones y bibliografías acerca de trabajos similares.

2. **Entrevistas:** A las personas que laboran en Planta Física de la Universidad de Carabobo, tales como la ingeniero Josefa Ceballo, principal colaboradora en nuestra investigación ya que es responsable del proyecto eléctrico de los edificios a ser objeto de estudio y del ingeniero Leopoldo Romero responsable de los proyectos de ahorro y eficiencia energética en la infraestructura en la Universidad de Carabobo.

3.4 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Tal como lo refiere Selltiz, Jahode y Otros (1976), *“El propósito del análisis es resumir las observaciones llevadas a cabo de tal forma que proporcionara respuestas a las interrogantes de investigación”*.

La información recabada es analizada de acuerdo a las exigencias de cada fase metodológica, la misma se organizara para dar respuesta a los objetivos planteados en el estudio, conectándolos con las bases teóricas que sustentan la misma, así como con los conocimientos que se disponen con relación al problema estudiado.

Para el proceso de tabulación y análisis de los datos registrados en el instrumento de recolección, se someterán al análisis e interpretación sistemática, evidenciando los resultados en tablas resúmenes y gráficos de barra comparativos de



CAPITULO III



categorías. Según Tamayo y Tamayo, M., (1997), “...una tabla es el resumen de la información, las tablas (...) son un procedimiento que permite agrupar datos y aplicar todos los cálculos de la estadística descriptiva”. (p. 175). [34].

El análisis de los datos proporcionará información para valorar las alternativas de optimización, a través de los resultados del análisis de las alternativas de forma independiente separadas y agrupadas de la evaluación técnica, para seleccionar las alternativas técnicamente factibles de los sistemas a optimizar.

Por último, evaluar la factibilidad económica de las alternativas a fin de identificar las alternativas con mayor rendimiento económico y facilitar la toma de decisiones o acciones a seguir según sea el caso.

3.5 DISEÑO DE LAS FASES METODOLÓGICAS

Fase 1: En esta fase, se procede a identificar el sistema eléctrico del edificio de pregrado de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Carabobo, a fin de detectar los eventos a modificar, estimar la demanda y el consumo de energía eléctrica por cada tipo de carga según las condiciones operativas, los costos de operación y de mantenimiento. Se realiza un análisis de la información obtenida del sistema eléctrico existente; se recogen los datos e información documental proveniente del marco regulatorio, normativas técnicas, en entidades gubernamentales y no gubernamentales.

Fase 2: Se identifican nuevas tecnologías comerciales para las necesidades de cambios de la situación en estudio, con el objeto de conocer las variables que inciden sobre el consumo de energía eléctrica, los costos de operación y los costos de mantenimiento por cada tipo de carga. Se recopilan los datos en el escenario que



CAPITULO III



conforman las unidades muestrales en estudio, a través del análisis del proyecto eléctrico existente.

Fase 3: En base a las consideraciones de diseño y operación, con el objeto de obtener mayor rendimiento energético en los sistemas eléctricos de FACES se diseña un sistema de generación eléctrica mediante el uso de energías renovables que permita suplir una parte de la demanda del edificio evaluado.

Fase 4: La generación de los análisis informativos, conlleva un proceso de valoración de alternativas técnicamente viables, a través de consultas bibliográficas, normativas técnicas y especificaciones suministradas por los fabricantes de equipos, para seleccionar las alternativas de los sistemas a optimizar. El análisis comprende la estimación del consumo de energía y las emisiones de CO₂ de cada alternativa, comparándola con el estado actual, para ambos sistemas.

Fase 5: Valorar las alternativas económicamente tangibles, a través de la representación del ahorro por consumo de energía en términos monetarios, comparándolas con el estado actual. Identificando las alternativas con mayor rendimiento económico y facilitar la toma de decisiones o acciones a seguir según sea el caso.

En la figura 3.1 se muestra un diagrama de flujo con la sinopsis de las fases del proceso investigativo.

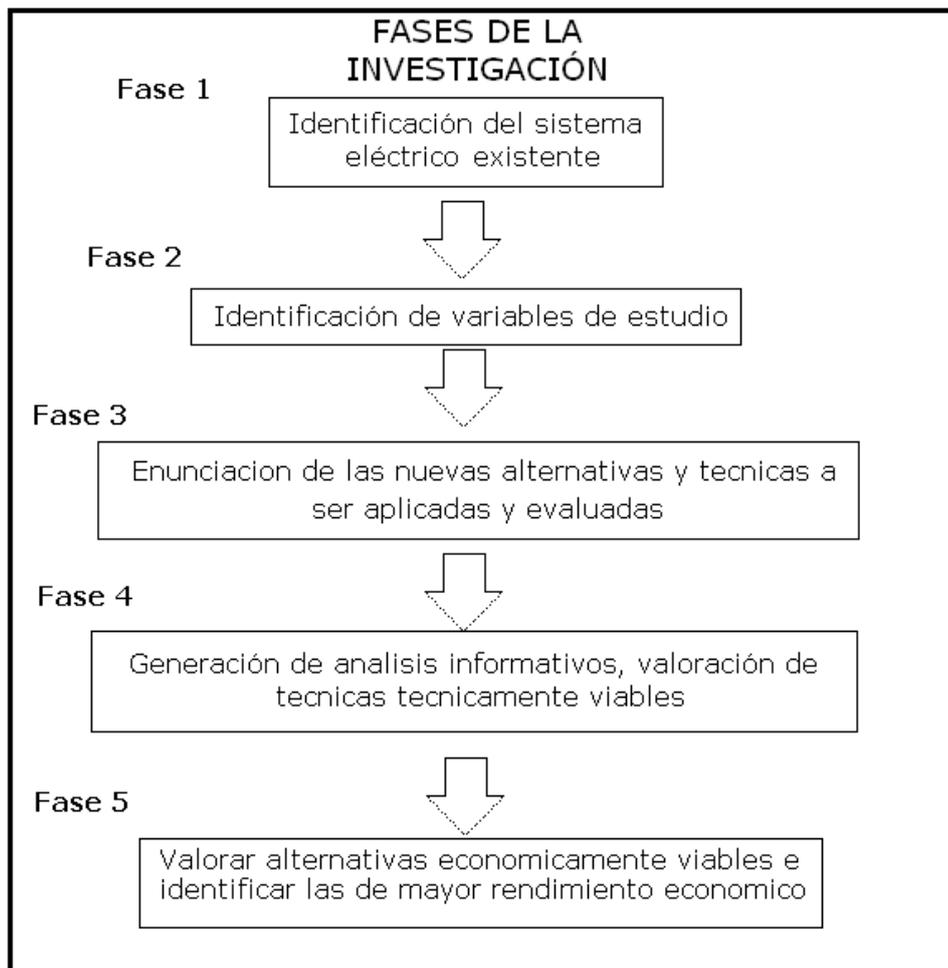


Figura 3.1. Diagrama de flujo de las fases de la investigación.

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)

3.6 UNIDAD DE ESTUDIO Y ANÁLISIS

La unidad de análisis se refiere al “qué o quién” es objeto de interés en un estudio, quizás lo anterior parezca muy obvio aunque es preciso definirlo con



CAPITULO III



exactitud, ya que muchas propuestas de investigación o trabajos de grado no logran una coherencia entre los objetivos planteados y la unidad de análisis.

Unidad de Análisis

Como el objetivo de este proyecto consiste en establecer las mejoras de tipo técnica que permitan lograr un aumento de la eficiencia energética en los sistemas eléctricos del edificio de pregrado de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Carabobo, se establece como unidad de análisis los sistemas eléctricos de baja tensión.

3.7 POBLACIÓN

Para Hernández S., R., Fernández, C. C, Baptista L. P., (1998), “Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones”. (p. 108). [35]. En esta investigación la población esta integrada por los sistemas eléctricos de baja tensión de la Universidad de Carabobo.

3.8 MUESTRA

La muestra, según Balestrini (2001), “...es una parte de la población, un número de individuos u objetos seleccionados científicamente, cada uno de los cuales es un elemento del universo”. (p. 141). [33]. Es decir la muestra se conforma por una parte representativa de la población. En la presente investigación, las unidades muestrales están conformadas por todos los componentes del sistema eléctrico del edificio de pregrado de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Carabobo. De la misma forma la autora precitada refiere que “...cuando la población es pequeña y finita no se aplican criterios de cálculos muestrales” (p. 145). [33]. El estudio esta centrado en el sistema eléctrico de baja



CAPITULO III



tensión del edificio de pregrado de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Carabobo.



CAPÍTULO IV

4.1 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO DE PREGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES (FACES)

El edificio de pregrado de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales (FACES) se encuentra ubicado dentro del campus universitario de la Universidad de Carabobo, en su sede funcionan las escuelas de Economía, Administración, Contaduría y Relaciones Industriales, siendo su inauguración y comienzo de actividades académicas en el año de 1975.

FACES es alimentado de la subestación compacta que se encuentra en el área sur este, la cual tiene un transformador trifásico, de la Compañía anónima de Industria Venezolana Electro-Técnica (CAIVET) de 1000 kVA, 13.800/208-120 V con sus respectivas celdas de control y medición.

El edificio consta de 5 niveles, una planta baja, y un sótano, en las que se distribuyen los salones de clases, oficinas administrativas y del personal de mantenimiento, además de una biblioteca central y un auditorio en el nivel sótano con capacidad para 200 personas. En la figura 4.1 se muestra una imagen del edificio en su lado sur-este.

En este edificio estudian unos 5.000 estudiantes en tres turnos de mañana, tarde y noche. Junto con esta población estudiantil laboran 258 personas entre personal obrero y administrativo y la jornada académica está comprendida desde las 07:00 AM. hasta la 10:00 PM.,



Figura 4.1 Vista desde el lado sur-este del edificio de pregrado de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.

Fuente: Carlos Hidalgo (2011) Fotografías durante el recorrido de inspección

En el nivel 5 se encuentran distribuidos 16 salones de clases: 7 de 9x6 metros y 9 de 12x6 metros. Existe además un aula magistral de 12x6 metros. En este nivel también se encuentran las salas de maquinas de los ascensores, 8 cubículos, oficinas y 4 baños públicos.

De los niveles 4 al 2 se encuentran distribuidos 16 salones de clases, por cada nivel: 8 de 9x6 metros y 8 de 12x6 metros. Asimismo también se encuentran 6 ascensores, 16 cubículos y 4 baños públicos.

El primer nivel esta reservado para todas las oficinas relacionadas con las actividades académicas de FACES, como la dirección de control de estudios y las escuelas de Relaciones Industriales y Economía entre otras. Aquí también se repite el



esquema de 4 baños públicos, 6 ascensores y esta el primer piso de la biblioteca central.

En la planta baja, que es la que se accede directamente al llegar al edificio, se encuentran la biblioteca central, el decanato y las oficinas administrativas de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Carabobo (FACES). Es también el nivel de entrada para el auditorio central, ubicado entre este nivel y el sótano.

En el sótano se encuentran las salas de maquinas de los diversos servicios del edificio, los depósitos y las fosas de los ascensores. Además del auditorio central de FACES.

La figura 4.2 muestra el diagrama unifilar de la instalación eléctrica del edificio de pregrado de FACES.

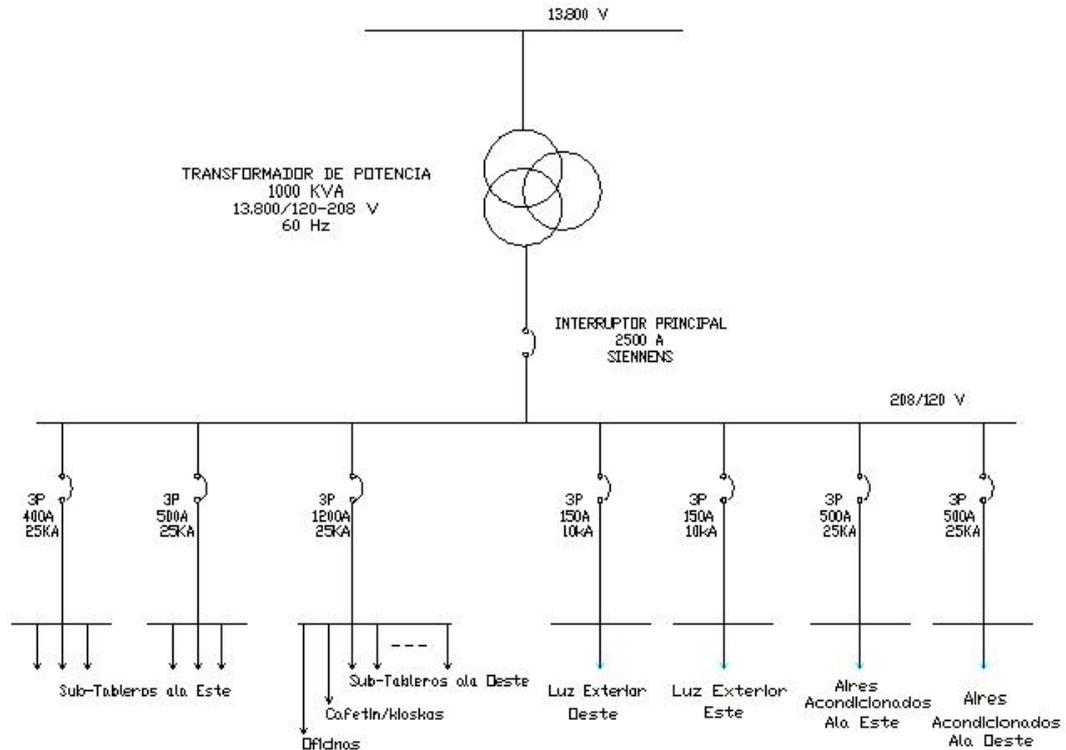


Figura 4.2 Diagrama unifilar del edificio de pregrado de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)

Comenzando desde el transformador que alimenta todo el servicio eléctrico de la facultad tenemos que desde las celdas de la subestación compacta salen tres circuitos en dirección al edificio que alimentan a los tableros de todos los niveles de la facultad y dos que alimentan los tableros de aires acondicionados del nivel de planta baja.

Adicionalmente existen dos salidas que alimentan la iluminación exterior del edificio y existe en la celda de medición de la sub estación compacta un medidor que registra el consumo en kWh de FACES directamente en su barra principal, junto con



un amperímetro y un voltímetro, para la fecha de realización de este estudio no se encontraban no operativos.

En la tabla 4.1 se muestra un resumen de la carga del edificio de pregrado de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Carabobo. Allí se muestra por niveles la carga conectada, la demanda y los kWh.

Tabla 4.1. Resumen de cargas de FACES

Ubicación - Descripción	Consumo de energía eléctrica	
	Carga conectada (kW)	Demanda (kW)
Sótano	92,36	30,47
Planta baja	524,46	419,56
Primer nivel	79,35	63,48
Segundo nivel	178,86	125,20
Tercer nivel	174,83	121,80
Cuarto nivel	170,74	119,51
Quinto nivel	223,05	111,52
Áreas verdes	20,00	10,00
Total	1.463,65	1.001,54

Fuente: Carlos Hidalgo (2011) Recorrido de inspección

4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO DE PREGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES (FACES)

El edificio de pregrado de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales se encuentra ubicado dentro del campus universitario de la Universidad de Carabobo



tiene un sistema de iluminación general en las oficinas, salones, cubículos, pasillos internos y externos, biblioteca, depósitos y baños.

4.1.1.1 CONDICIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

En la tabla 4.2 se muestran tipos de luminaria según el área donde están instaladas:

Tabla 4.2. Especificaciones técnicas de las luminarias

ÁREA	ESPECIFICACIONES DE LAS LUMINARIAS
Salones de clases, depósitos, oficinas administrativas	Luminarias fluorescentes embutida, las cuales poseen marco basculante con difusor lumínico de plástico poli prismático. Utilizan tubos fluorescentes T12 de 40W con arreglo de 4 tubos de 40W y 2 balastos electromagnéticos que consumen 16W cada uno, lo que hace un total de 192W. En la figura 4.2 se observan las mismas.
Pasillos internos y externos	Luminarias fluorescentes colgantes, las cuales poseen marco basculante con difusor lumínico de plástico poli prismático. Utiliza tubos fluorescentes T12 de 40W, con arreglo de 2 tubos de 40W y 1 balasto electromagnético que consumen 16W lo que hace un total de 96W. En la figura 4.3 se observan las mismas.
Biblioteca	Luminarias fluorescentes embutidas, tipo espejular. Utiliza tubos fluorescentes T8 de 32W, con arreglo de 3 tubos de 32W y 1 balasto electrónico que consumen 2W lo que hace un total de 100 W. En la figura 4.4 se observan las mismas.
Escaleras	Luminarias fluorescentes colgantes, las cuales poseen marco basculante con difusor lumínico de plástico poli prismático. Utiliza tubos fluorescentes T12 de 40W, con arreglo de 2 tubos de 40W y 1 balasto electromagnético que consumen 16W lo que hace un total de 96W. En la figura 4.3 se observan las mismas.

Baños	Luminarias fluorescentes embutidas, tipo especular. Utiliza tubos fluorescentes T8 de 32W, con arreglo de 3 tubos de 32W y 1 balasto electrónico que consumen 2W lo que hace un total de 100 W. En la figura 4.4 se observan las mismas.
Oficinas, Cubículos	En las diversas oficinas y cubículos se usan luminarias fluorescentes embutidas (4x40 W) y en otros casos las luminarias de tipo especular (3x32 W).
Auditorio	Luminaria colgante con rosca tipo E27 para lámpara de bulbo elíptico de 160 W

Fuente: Carlos Hidalgo (2011) Recorrido de inspección

En las figuras 4.3, 4.4 y 4.5 se muestran imágenes de las luminarias que actualmente se encuentran en uso en las instalaciones del edificio de FACES.



Figura 4.3 Vista del tipo de luminaria actualmente usado en los salones.

Fuente: Carlos Hidalgo (2011) Fotografías durante el recorrido de inspección



Figura 4.4 Vista del tipo de luminaria actualmente usado en los pasillos
Fuente: Carlos Hidalgo (2011) Fotografías durante el recorrido de inspección



Figura 4.5 Vista del tipo de luminaria actualmente usado en la biblioteca central
Fuente: Carlos Hidalgo (2011) Fotografías durante el recorrido de inspección

Cada área cuenta con su respectivo dispositivo de maniobra (interruptor) para el control de encendido y apagado de las lámparas de las luminarias.



Como resumen de esta sección tenemos la tabla 4.3 donde se detallan por niveles y subáreas el consumo de iluminación de Faces en la situación actual.

Tabla 4.3. Estado actual por niveles y subáreas del consumo eléctrico para iluminación de FACES.

Ubicación	Descripción	Nº luminarias	Nº lámparas	Potencia unitaria por lámparas (W)	Nº balastos	Potencia unitaria por balasto (W)	Potencia total (kW)	%
Sótano	Luminaria 4x40 W	8	8	250	2	16	2,00	3,96
	Luminaria 2x40 W	20	20	35	1	16	0,70	
	Luminaria 3x32 W	60	4	40	2	16	11,52	
	Luminaria 4x160 W	32	4	160	NA	NA	20,48	
Planta baja	Luminaria 4x40 W	164	4	40	2	16	31,48	15,77
	Luminaria 2x40 W	102	4	32	2	4	13,87	
	Luminaria 3x32 W	112	3	32	1	4	11,20	
Primer nivel	Luminaria 4x40 W	104	4	40	2	16	19,96	13,74
	Luminaria 2x40 W	94	2	40	1	16	9,02	
	Luminaria 3x32 W	203	3	32	1	4	20,30	
Segundo nivel	Luminaria 4x40 W	248	4	40	2	16	47,61	16,62
	Luminaria 2x40 W	104	2	40	1	16	9,98	
	Luminaria 3x32 W	20	3	32	1	4	2,00	
Tercer nivel	Luminaria 4x40 W	248	4	40	2	16	47,61	16,62
	Luminaria 2x40 W	104	2	40	1	16	9,98	
	Luminaria 3x32 W	20	3	32	1	4	2,00	



Cuarto nivel	Luminaria 4x40 W	248	4	40	2	16	47,61	16,62
	Luminaria 2x40 W	104	2	40	1	16	9,98	
	Luminaria 3x32 W	20	3	32	1	4	2,00	
Quinto nivel	Luminaria 4x40 W	248	4	40	2	16	47,61	16,62
	Luminaria 2x40 W	104	2	40	1	16	9,98	
	Luminaria 3x32 W	20	3	32	1	4	2,00	
Total							347,74	100,00

Fuente: Carlos Hidalgo (2011) Recorrido de inspección

Se procedió a determinar la eficiencia energética de cada tipo de lámpara instalada de dentro del edificio administrativo, esto se determinó al dividir el flujo luminoso de la lámpara instalada entre su potencia nominal, en la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 4.4. Eficiencia energética de las lámparas instaladas en el edificio

Tipo de lámpara	Potencia (W)	Lúmenes (Lum)	Eficiencia (Lum/W)	Tiempo de vida útil (horas)
T12	40	2250	56,25	12.000
T8	32	2800	87,50	20.000
Ampolla para reflector	250	9800	39,20	2000
Lámpara ojo de buey	35	320	9,14	2000

Fuente: Catalogo Sylvania- Phillips

A medida que este índice sea mayor, más eficiente es la lámpara ya que se requiere de menos energía para obtener la misma cantidad de lúmenes de la lámpara.

4.1.1.2 CONDICIONES OPERATIVAS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Se aprecia en el recorrido de inspección del edificio de pregrado de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad de Carabobo que a diferentes horas dentro y fuera del horario de clases, que en todas las áreas que conforman la edificación las luminarias siempre permanecen encendidas. Inclusive las de los pasillos en plena luz del día, como lo muestra la figura 4.6. Así mismo se pudo observar que existen algunas luminarias que sus lámparas y/o difusores requieren ser reemplazados debido al mal estado o falta de funcionamiento de los mismos.



Figura 4.6 Imagen que muestra todas las luminarias de los pasillos encendidas en plena luz del día en FACES.

Fuente: Carlos Hidalgo (2011) Fotografías durante el recorrido de inspección



4.1.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DEL EDIFICIO DE PREGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES (FACES)

FACES cuenta con una serie de unidades de aire acondicionado que constan de una unidad evaporadora dentro de las oficinas y cubículos y de unidades condensadoras en las partes exteriores y adyacentes a las mismas. Estas unidades están conectadas entre sí mediante tuberías de cobre y cables de control que permiten el intercambio de calor/frío y un control de temperatura ajustable según el área donde se encuentren. Estas unidades tienen la particularidad de ser, en su mayoría, equipos con más de 20 de servicio.

Dentro de los salones de clases existe un sistema de extracción de aire a través de conductos y un conjunto de ventiladores internos que permiten que haya un desplazamiento de aire dentro de los mismos.

4.1.2.1 CONDICIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

Por niveles observamos el consumo descrito en la tabla

Tabla 4.5 Demanda de energía eléctrica del sistema de climatización.

Ubicación	Descripción	Tipo	Potencia unitaria (T.R)	Potencia total (kW)	%
Sótano	Aires acondicionados	SPLIT	10,00	26,90	21,70
Planta baja	Aires acondicionados	SPLIT, Convencional	159,50	422,47	34,62



Primer nivel	Aires acondicionados	SPLIT, Convencional	13,00	25,07	2,82
Segundo nivel	Extractores, ventiladores y aires acondicionados	SPLIT	20,50	114,27	10,66
Tercer nivel	Extractores, ventiladores y aires acondicionados	SPLIT	18,50	110,24	10,23
Cuarto nivel	Extractores, ventiladores y aires acondicionados	SPLIT	18,50	111,15	10,23
Quinto nivel	Extractores, ventiladores y aires acondicionados	SPLIT	17,00	103,46	9,70
Total				913,56	100,00

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)

En la tabla 4.5 se puede observar que el mayor porcentaje de la demanda de electricidad se encuentra en la planta baja el cual tiene 34,62 % del consumo total del sistema de climatización.

4.1.2.2 CONDICIONES OPERATIVAS DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

Los sistemas de aire acondicionado de las diferentes áreas administrativas y académicas son encendidos al iniciar la jornada laboral del personal administrativo de FACES y luego son apagados al culminar las actividades asociadas a la oficina o cubículo donde opera. La gran mayoría de estos equipos son de vieja data (mas de 20 años) y presentan un deterioro o desgaste en su estructura física y en el recubrimiento térmico de las tuberías de gas refrigerante, además de la acumulación de polvo o lodo en las unidades exteriores.



El sistema de extractores de aires para los salones no se encuentra en su mayoría operativo, ya que los motores de los mismos se encuentran dañados o no operativos por problemas eléctricos. Los ventiladores de los salones están operando normalmente en su mayoría y se apagan al terminar la jornada académica del salón.

4.2 CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS

Se consideran los siguientes criterios dados las condiciones actuales del horario de funcionamiento de los sistemas de iluminación y climatización.

- Cantidad de horas/mes: 720 (promedio).
- Cantidad de horas/día de uso de las instalaciones de FACES: 12 (Turno de mañana, tarde y noche).
- Cantidad de días/año de uso de las instalaciones de FACES: 312 (26 días/mes x 12 meses/año)
- Cantidad de horas/año de uso de las instalaciones de FACES: 3.744 (312 día/años x 1 horas/día)
- Cantidad de horas/mes laborables: 312 (promedio).
- Relación Caballos de fuerza hora a kilo vatio hora es: 1 Hph = 0,7457 kWh.
- Costo de generación Bs. por MWh: 37,854. [36]
- Cantidad de combustible para generación de un (1) MWh: 589 normal m³ gas. [36]
- Emisión de kg de CO₂ por kWh, para combustible gas natural: 0,44. [36]
- Consumo eléctrico de los equipos y componentes del sistema de iluminación: Capacidad instalada (kW) x tiempo de uso (horas).
- Consumo eléctrico de los equipos refrigerantes del sistema de climatización: Capacidad instalada (kW) x tiempo de uso (horas).



4.3 RESUMEN DE LAS CONDICIONES ACTUALES

En la tabla 4.6 se muestran el consumo de energía eléctrica de las cargas de iluminación en horas/días/mes/año de acuerdo a la ubicación y el área donde se encuentran ubicadas, funcionando al 100% por 12 horas al día. De igual forma se muestra la tabla 4.7 funcionando al 100% por 8 horas al día, con la información de consumo para el sistema de climatización.

Tabla 4.6. Consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación. Estado actual.

Ubicación - Descripción	Consumo de energía eléctrica			
	kWh	kWh/día	kWh/mes	kWh/año
Sótano	34,70	277,60	1.110,40	13.324,80
Planta baja	56,55	678,60	17.643,60	211.723,20
Primer nivel	49,28	591,36	15.375,36	184.504,32
Segundo nivel	59,59	715,08	18.592,08	223.104,96
Tercer nivel	59,59	715,08	18.592,08	223.104,96
Cuarto nivel	59,59	715,08	18.592,08	223.104,96
Quinto nivel	59,59	715,08	18.592,08	223.104,96
Total	347,74	4.172,98	108.497,66	1.301.971,96

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)



Tabla 4.7. Consumo de energía eléctrica del sistema de climatización. Estado actual.

Ubicación - Descripción	Consumo de energía eléctrica			
	kWh	kWh/día	kWh/mes	kWh/año
Sótano	26,90	215,20	860,80	10.329,60
Planta baja	422,47	3.379,77	87.873,76	1.054.485,12
Primer nivel	25,07	200,59	5.735,34	68.824,08
Segundo nivel	114,27	914,16	23.768,16	285.217,92
Tercer nivel	110,24	881,92	22.929,92	275.159,04
Cuarto nivel	111,15	889,20	23.119,20	277.430,40
Quinto nivel	103,46	827,68	21.519,68	258.236,16
Total	913,56	7.308,52	185.806,86	2.229.682,32

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)

A continuación se muestra en la siguiente tabla el consumo de energía eléctrica mes/año de los sistemas de iluminación y climatización:

Tabla 4.9 Consumo de energía eléctrica del Edificio de FACES por cargas de iluminación y climatización para el caso actual.

Tipo de sistema	kWh/mes	kWh/año	%
Iluminación	108.497,66	1.301.971,96	36,86
Climatización	185.806,86	2.229.682,32	63,14
Total	294.304,52	3.531.654,28	100

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)

En la tabla 4.9, se puede observar la distribución de la energía eléctrica de los sistemas de iluminación y climatización ubicados en FACES.

El consumo de energía referido en la tabla 4.9, genera una quema de combustible, emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y tiene un costo de generación de energía eléctrica, mostrados en la siguiente tabla:



Tabla 4.10. Relación del consumo de energía eléctrica en función del combustible, la emisión de CO₂ y costo de energía para el caso actual.

	Consumo (Kwh.)	Combustible (m3)	CO₂ (Kg.)	Costo de generación (Bs.)
Mes	294.304,52	173.345,36	129.493,98	20.748,46
Año	3.531.654,28	2.178.838,17	1.553.927,88	248.981,62

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)

En la tabla 4.10 se muestra el consumo de energía eléctrica y de combustible, las emisiones de CO₂ y los costos de generación de dicha energía. Son los valores reflejado en esta tabla la referencia de consumo actual y el objetivo es tener una disminución lo más cercana a 20 % como lo recomienda y lo demanda el ejecutivo nacional en el plan de de ahorro energético.

4.4 CAUSAS TÉCNICAS Y OPERATIVAS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ACTUAL

Para determinar las causas técnicas y operativas que dan origen al consumo de energía actual de los sistemas de iluminación y climatización, se evaluó en cada sistema la jornada de trabajo donde es requerida la disponibilidad del servicio y la tecnología empleada para su funcionamiento.

4.4.1 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Para el sistema de iluminación se observa que las principales causas que dan origen al consumo actual son las siguientes:



1. Se debe mejorar la divulgación de información para profesores, obreros, personal administrativo y estudiantes en los programas de ahorro energético eficientes para la facultad.
2. Jornadas de trabajo de los equipos de iluminación de más de 24 horas, de lunes a domingo ininterrumpidos.
3. Utilización de balastos electromagnéticos, los cuales tienen un consumo de 16 W en comparación a los 4 W que consumen los balastos electrónicos modernos.
4. Utilización de lámparas T12 las cuales tienen una demanda de 40 W cada una en comparación de las lámparas T8 que tienen una demanda de 32W cada una, manteniendo los parámetros de diseño y mejorando la eficiencia de las mismas, evitando tecnologías obsoletas en los posible.

4.4.2 SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

Entre las principales causas que dan origen al consumo actual del sistema de climatización se observan:

1. Se debe mejorar la divulgación de información para profesores, obreros, personal administrativo y estudiantes en los programas de ahorro energético eficientes para la facultad.
2. Jornadas de trabajo de los equipos de climatización de 15 horas manteniendo el mismo régimen de operación, de lunes a sábado.
3. Mal uso de las puertas que aíslan las áreas de oficinas de los espacios abiertos de uso común, por falta de brazos mecanizados automáticamente para cerrar las mismas o descuido del personal que allí labora.
4. Ausencia de reguladores de temperaturas y caudal de aire.
5. Uso de equipos con tecnología obsoleta o de vieja adquisición (más de 20 años).



4.5 PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS PARA MEJORAR LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y CLIMATIZACIÓN.

Se considera para realizar las propuestas de alternativas del sistema de iluminación el cambio de componentes o partes del sistema de alumbrado tales como: el reemplazo de tubos fluorescentes, balastos magnéticos por electrónicos y cambios de luminarias, así como también ajustes de los tiempos de operación, independizar los circuitos de alumbrados y por ultimo el uso de sistemas de energías alternativas, con la propuesta de un sistema de iluminación para las escaleras mediante el uso de paneles solares colocados en el techo de FACES.

En el sistema de iluminación se plantean las siguientes alternativas de mejoras, identificadas con la palabra Propuesta A y el numérico correlacional correspondiente:

Propuesta- A1. No tener encendidas las luminarias de los pasillos 24 al día todos los días, reemplazarlas las lámparas fluorescentes T12 de 40 W por lámparas fluorescentes T8 de 32 W, sustituyendo además los balastos magnéticos para (2) dos lámparas de 40W los cuales tienen un consumo de 16 W por cada uno de ellos, por balastos electrónicos para tres (2) lámparas de 32W que consumen 4 W.

Propuesta- A2. Implementar políticas de ahorro energético que garantice el uso racional de la energía eléctrica dentro de la facultad, con campañas de concientización a todas las personas que usan o visitan el edificio de FACES, así como la organización del equipo humano de mantenimiento para supervisar y ejecutar políticas de ahorro para las luminarias instaladas.



Propuesta- A3. Cambiar las lámparas fluorescentes T12 de 40 W por lámparas fluorescentes T8 de 32 W, sustituyendo además los balastos magnéticos para (2) dos lámparas de 40W los cuales tienen un consumo de 16 W por cada uno de ellos, por balastos electrónicos para tres (3) lámparas de 32W que consumen 4 W.

Se considera para realizar las propuestas de alternativas del sistema de climatización, ajuste de los parámetros de operación de acuerdo a la cantidad de personas presentes en el edificio durante la jornada laboral-académica, desenergización de equipos del sistema y realizar mantenimiento con mayor frecuencia, además del reemplazo de equipos obsoletos.

Para el sistema de climatización se plantean las siguientes alternativas de mejoras, identificadas con la palabra Propuesta B y el numérico correlacional correspondiente:

Propuesta-B1. Realizar por parte de la facultad, campañas de concientización al personal y estudiantes que laboran y estudian en las oficinas y salones, sobre la necesidad de mantener las puertas, ventanas y persianas cerradas, en el caso de las oficinas y de abrir y/o cerrar puertas y ventanas en los salones para el mantenimiento del confort respecto a la temperatura ambiental.

Propuesta-B2. Cambiar la unidades operativas actualmente que presentan una vida útil ya terminada, por unas unidades equivalentes modernas, que sean mas eficientes.



Propuesta-B3. Aplicar regimenes de mantenimiento con mayor frecuencia en los puntos de salida de aire, unidades de manejo de aire, filtros, serpentines y los aislantes de los conductos, para mantener en óptimas condiciones las capacidades de salida de flujo de aire climatizado, eliminar filtraciones en las uniones de los conductos y mangueras flexibles, mejorando el manejo de agua condensada dándole usos apropiados como riego de jardineras, etc.

El personal de mantenimiento de FACES junto con el personal de Planta Física de la Universidad de Carabobo estará encargado de la revisión y supervisión de las alternativas antes descritas para su posterior aplicación. Los aportes de las propuestas precedentes se enmarcan en el plan de ahorro energético impulsado por el Ejecutivo Nacional para los entes académicos del estado.

4.6 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORAS DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y CLIMATIZACIÓN

A efectos del presente estudio y fundamentado en el enfoque de conservación del medio ambiente, eficiencia y disponibilidad de los recursos energéticos se establecieron los siguientes criterios para la selección de las alternativas de mejoras de los sistemas de iluminación y climatización los cuales son:

- Técnicamente Viable (de posible aplicación y cuantificación de su efecto)
- Económicamente tangibles

A fin de valorar técnica y económica las alternativas de mejora, con base a los criterios precedentes y partiendo de la observación y registro de la situación en estudio, se seleccionaron las siguientes propuestas:



Sistema de iluminación: Propuestas A-1 y Propuestas A-3.

Sistema de climatización: Propuestas B-2

4.7 ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

El análisis de la factibilidad técnica, comprende la evaluación de las alternativas en cuanto a:

- Mejora del sistema actual.
- Disponibilidad de tecnología que satisfaga las necesidades.

Para determinar si las alternativas de mejora cumplen con los aspectos anteriores se ha de determinar el consumo de energía eléctrica, consumo de combustible, emisiones de CO₂ y considerar si los equipos afectados por dichas alternativas incrementan su vida útil, de ser aplicables estas premisas, a su vez, se ha de tener en cuenta que la metodología y/o tecnología empleada satisfaga las necesidades de diseño y operatividad del sistema para cada una de las alternativas de forma independiente, mostrando los resultados en una tabla resumen comparándolos con los parámetros actuales del sistema.

4.8 EVALUACIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO PARA LAS ALTERNATIVAS DE AHORRO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Propuesta-A1: No tener encendidas las luminarias de los pasillos 24 al día todos los días, reemplazarlas las lámparas fluorescentes T12 de 40 W por lámparas



fluorescentes T8 de 32 W, sustituyendo además los balastos magnéticos para (2) dos lámparas de 40W los cuales tienen un consumo de 16 W por cada uno de ellos, por balastos electrónicos para tres (2) lámparas de 32W que consumen 4 W.

Descripción de la actividad

Las luminarias de los pasillos están encendidas 24 horas al día de lunes a lunes, todas las semanas. La carga total de la iluminación que corresponde a los pasillos de los niveles 1 al 5 es de 632 luminarias de 2x40 W que consumen un total de 96 W cada una para un total de 60,67 kWh. Para un uso continuo de 24 horas tenemos un total de consumo al día de 1.456,12 kWh/día. La propuesta comprende el uso de estas misma cantidad de luminarias pero un periodo de 6 horas diarias (5:00 p.m. – 11:00 p.m.) y que no sean encendidas los domingo lo que da como resultado 26 días al mes de uso. Para estas condiciones el consumo diario seria de 293,76 kWh.. Añadido a la reducción de hora también se contempla el reemplazo de los actuales balastos y lámparas por las de tipo 2x32 W las cuales tienen un balasto de 4 W, que consumen un total de 68 W cada una para un total de 34,68 kWh. De esta forma el consumo diario seria de 208,08 kWh.

Tabla 4.11. Consumo por horas al mes según el estado actual y la alternativa propuesta

Horas Actuales	Horas Propuestas	Reducción de horas	Responsable
24	6	18	Personal de mantenimiento eléctrico

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)



Resultados

Tabla 4.12. Consumo energético, emisiones de CO₂ del sistema de iluminación del edificio de FACES para la condición de operatividad actual y el efecto de la Propuesta-A2, en el consumo general.

Condición	kWh/día	kWh/mes	kWh/año	Combustible/año (m ³)	CO ₂ /año (Kg.)
Actual	1.456,12	37.859,32	454.311,93	267.589,72	199.897,25
Propuesta-A1	208,08	5410,08	64.920,96	38.238,44	28.565,22
Ahorro (% para cada renglón)	85,71	85,71	85,71	85,71	85,71

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)

Las evidencias precedentes, hacen factible técnicamente la aplicabilidad de la Propuesta-A2, al apagar las luminarias de los pasillos se hace significativa la reducción de los consumos energéticos, el gasto de combustible y las emisiones de CO₂ en del 85,71%, a su vez la vida útil de las lámparas afectadas por esta propuesta, se incrementa en 4 veces (pasa de 500 días a 2.000 días de vida útil, usando como referencia el valor nominal de fabricante de 12.000 horas de uso) logrando así disminuir costos de mantenimiento teniendo un ahorro diario de 966,96 kWh.

Evaluando el consumo por iluminación es de 4.172,98 kWh/día, para esta propuesta se esta ahorrando un total de 1.248,04 kWh/día, lo que representa un total de 29.90 % de ahorro en consumo por iluminación que se tradece anualmente en un valor de 389.388,48 kWh/año

Propuesta-A3: Cambiar las lámparas fluorescentes T12 de 40 W por lámparas fluorescentes T8 de 32 W, sustituyendo además los balastos magnéticos para (2)



dos lámparas de 40W los cuales tienen un consumo de 16 W por cada uno de ellos, por balastos electrónicos para tres (3) lámparas de 32W que consumen 4 W.

Descripción de la actividad

Se propone el reemplazo de las lámparas fluorescentes T12 de 40W de la especificación anteriormente descritas (ver tabla 4.2), por lámparas fluorescentes T8 de 32W, con sócate G13, 6500°K, 2710 lúmenes, 30.000 horas de vida útil, (Philips Lámparas Fluorescentes T8 Alto) y los balastos magnéticos de dos lámparas que consumen 16W, por balastos electrónicos de tres o cuatro lámparas que consumen 4 W en las luminarias ubicadas en las oficinas, pasillos y en los salones del edificio de FACES. Esto será para el total de las 1.268 luminarias de 4x40 W dentro del edificio de FACES. En la tabla 4.13 se observa el ahorro por luminaria para esta propuesta.

Tabla 4.13. Ahorro unitario por luminaria con la propuesta-A3

Potencia actual por luminaria (W)	Potencia por luminaria para la Propuesta-A3 (W)	Ahorro por luminaria (W)
192	100	92

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)

El consumo actual para las 1268 luminarias corresponde a un valor de 243,45 kW, para las 12 horas de uso continuo diario tenemos un valor de 2.921,40 kWh/día.

Con la Propuesta-A3 la misma cantidad de luminarias consumiría 126,80 kW. Para el mismo tiempo de uso tendríamos 1.521,60 kWh/día.



Resultados

Las lámparas T8 tienen una eficiencia energética de 84,68 Lum/W y tienen un redimiendo del 150% mayor que las lámparas T12. A manera referencial se determinó el consumo de energía eléctrica sustituyendo las lámparas T12 por lámparas T8 y los balastos magnéticos por balastos electrónicos ubicados en las oficinas, pasillos y los salones por un periodo de 12 horas, 26 días al mes, para el total de las 1.268 luminarias de 4x40 W dentro del edificio de FACES.

Tabla 4.14. Consumo energético, emisiones de CO₂ del sistema de iluminación del edificio de FACES para la condición de operatividad actual y el efecto del reemplazo de balastos y lámparas en el consumo general.

Condición	kWh/día	kWh/mes	kWh/año	Combustible/año (m3)	CO ₂ /año (Kg.)
Actual	2.921,40	75.956,40	911.476,80	536.859,83	401.049,79
Propuesta-A3	1.521,60	39.561,60	474.739,20	279.621,38	208.885,24
Ahorro (% por cada renlon)	52.08	52.08	52.08	52.08	52.08

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)

En la tabla 4.14 se puede observar que el reemplazo de las lámparas T12 por lámparas T8 y los balastos magnéticos por balastos electrónicos de las oficinas, pasillos y salones, se obtiene una disminución del consumo de energía eléctrica, de combustible y de emisiones de CO₂ en el sistema de iluminación de un 52.08%.

El total del consumo por iluminación es de 4.172,98 kWh/día, para esta propuesta se esta ahorrando un total de 1.399,80 kWh/día, lo que representa un total de 33,54 % de ahorro en consumo por iluminación y se traduce en un ahorro anual de 436.737,60 kWh/año



La sustitución de las lámparas T12 por lámparas T8 y los balastos magnéticos por balastos electrónicos de las oficinas, pasillos y salones, es factible técnicamente, ya que reduce significativamente los consumos energéticos (más de 30%) y las emisiones de CO₂ a si como también aumenta la vida útil de las lámparas afectadas por esta alternativa ya que las lámparas tipo T8 tienen una vida útil de 20.000, horas contra las 12.000 horas de las T12, lo que se traduce en 334 días mas de duración, disminuyendo los costos de mantenimiento y traduciéndose en beneficios para la institución.

Tabla 4.15 Resumen del ahorro en términos de kWh/año alternativas factibles del sistema de iluminación de aplicación a mediano plazo con inversión

Condición	Ahorro kWh/año	Ahorro/año (%)
Actual	1.301.971,96	0,00
Propuesta-A1	389.388,48	29,90
Propuesta-A3	474.739,20	52,08

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)

En la tabla 4.15 se puede observar que al aplicar las propuestas A1 y A3 se obtiene un ahorro total de 81,98 % del consumo actual en iluminación del edificio. Esto implica que implementando estas dos propuestas se logra un significativo avance la meta en el ahorro energético para FACES.

Desglosando por niveles tenemos los resultados de la tabla 4.16 que nos muestran el impacto de las propuestas de iluminación en el edificio de FACES.



Tabla 4.16 Distribución del porcentaje de consumo y de ahorro por niveles junto con kW ahorrados

Área	Propuesta A-1		Propuesta A-3		Total kWh/día ahorrados
	Actual (% de consumo)	Ahorro (% de ahorro)	Actual (% de consumo)	Ahorro (% de ahorro)	
Sótano	3,16	0,94	0,63	0,32	0,43
Planta baja	16,13	4,82	12,93	6,73	6,53
Primer nivel	14,87	4,44	8,20	4,27	4,29
Segundo nivel	16,45	4,91	19,55	10,18	8,99
Tercer nivel	16,45	4,91	19,55	10,18	8,99
Cuarto nivel	16,45	4,91	19,55	10,18	8,99
Quinto nivel	16,45	4,91	19,55	10,18	8,99
Total porcentajes/Total kW ahorrados	100	29,90	100	52,08	47,21

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)

La tabla 4.16 permite evaluar las áreas donde el ahorro tiene más impacto que es directamente proporcional al número de luminarias que existe en cada nivel del edificio de FACES. De esta manera el plan de reemplazo de luminarias se puede hacer por niveles anualmente y se obtendría el porcentaje de ahorro mostrado en la tabla 4.16 y las luminarias que sean desmanteladas servirán para los niveles que todavía no se han actualizado, permitiendo ahorro en gastos de mantenimiento.

4.9 EVALUACIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO PARA LAS ALTERNATIVAS DE AHORRO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN



Propuesta-B2: Cambiar la unidades operativas actualmente que presentan una vida útil ya terminada, por unas unidades equivalentes modernas, que tengan al menos un 30% de eficiencia eléctrica.

Descripción de la actividad

Se propone reemplazar las unidades que actualmente se encuentra en servicio con más de 20 años de servicio y que tienen un EER de eficiencia energética de 0,76 kWh/T.R. por unidades nuevas de la misma capacidad pero cuyos motores tengan eficiencia energética igual o menor a 0,55 kWh/T.R, lo que se traduce n promedio en un ahorro eléctrico del 30%. En total tenemos 257 toneladas de refrigeración que consumen 913,56 kWh.

Resultados

Tabla 4.17. Consumo energético y emisiones de CO₂ del sistema de climatización del edificio de FACES para la condición de operatividad actual y el efecto de la aplicación de la Propuesta-B2 en el consumo general.

Condición	kWh/día	kWh/mes	kWh/año	Combustible/año (m3)	CO ₂ /año (kg)
Actual	7.308,52	185.806,86	2.229.682,32	1.313.282,87	981.060,21
Propuesta-B2	5.116,00	133.016,00	1.596.192,00	940.157,08	702.324,48
Ahorro (% por renglon)	30%	30%	30%	30%	30%

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)

En la tabla 4.17 se puede observa que con la aplicación de la propuesta-B2 se obtiene disminución del consumo de energía eléctrica, de combustible y de emisiones de CO₂ por el sistema de climatización de un 30%. La aplicación de la alternativa es técnicamente factible, pero la mas onerosa por la cantidad de unidades a reemplazar. Al igual que con el sistema de iluminación esta debe hacerse por etapas, permitiendo



que la inversión sea lograda por partes anualmente y permitiendo de esta manera ir mejorando las instalaciones a través de los 5 años previsto de aplicación de las propuestas.

Tabla 4.18 Distribución del porcentaje de consumo y de ahorro por niveles junto con kWh ahorrados para el sistema de climatización

Área	Propuesta B-2		Total kWh/día ahorrados
	Actual (% de consumo)	Ahorro (% de ahorro)	
Sótano	3,89	1,16	64,56
Planta baja	62,06	18,61	1.013,93
Primer nivel	5,05	1,51	60,17
Segundo nivel	7,97	2,39	274,24
Tercer nivel	7,19	2,15	264,57
Cuarto nivel	7,19	2,15	266,76
Quinto nivel	6,61	1,98	248,30
Total porcentajes/Total kWh/día ahorrados	100	30	2.192,53

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)

El total del consumo por climatización es de 7.308,52kWh/día, para esta propuesta se esta ahorrando un total de 2.192,53 kWh/día, lo que representa un total de 30 % de ahorro en consumo del sistema de climatización. Que se traduce en 684.069,36 kWh/año ahorrados.



4.10 EVALUACIÓN TÉCNICA DE UN SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA BASADO EN PANELES SOLARES PARA EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Tomando como base la implementación de un sistema de alimentación eléctrica mediante paneles solares de 100 W a 12 V los cuales miden 1200x660 mm. (0.80 m²), para ser ubicado en la azotea del edificio de FACES el cual tiene un área efectiva para instalación de los mismos de 2.381,40 metros cuadrados, se tendría espacio para un total de 2.381 paneles. [37].

Esta cantidad de paneles generaría un total de 238,14 kWh. Para un rango de funcionamiento de 12 horas diarias (duración de la luz del día), tendríamos un total de 2.857,68 kWh/día. La intensidad de la luz solar que incide sobre los paneles solares y que puede generar efectivamente el 100 % de su valor nominal esta en promedio de un 50 %, por lo que el valor final seria de 1428,84 kWh/día. [37].

El rendimiento de los paneles solares esta en el orden de los 12 % por lo que se dispondría de 171,46 kWh/día lo cual solo representa el 2 % del consumo total por iluminación. [37].

El costo de un panel solar esta por el orden de los 1.000 dólares, el costo solo de adquirir los paneles seria de 2.381.000 dólares. Esto en bolívares, con un valor 4,30 Bs. por dólar, son 10.238.300,00 Bs. Dividiendo el costo entre los vatios generados el costo de generación es de 71,65 Bs./W siendo 550 veces mas que el costo de la energía eléctrica actual, esto demuestra que tanto económicamente como en términos de porcentaje de energía no es conveniente un sistema de energía

alternativa dentro de la facultad para alcanzar la meta de ahorro que se requiere en el edificio de FACES.

Existe actualmente en el territorio nacional un plan de ahorro energético que contempla la instalación de luminaria de exteriores (postes de iluminación) como la mostrada en la figura 4.7, que ya han sido instaladas en la autopista regional del centro a la altura de la recta de Palo Negro en Maracay y en la vía de Vigerima a la altura de El Toco en Guacara que permiten una iluminación independiente para calles, avenidas y caminerias que se puede implementar dentro del marco del proyecto MEGAUC para la Universidad de Carabobo y sus facultades.



Figura 4.7 Imagen de una luminaria para exteriores, alimentada por un panel solar

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)

Esto significaría que los circuitos que alimentan la iluminación exterior de FACES quedarían liberados de la carga al ser esta asumida por un sistema de postes y luminarias que sean alimentados por paneles solares.



La carga actual para la iluminación exterior es de 40,00 kWh funcionando a 12 horas tendríamos un valor de 480kW/día, cuyo consumo esta descrito en la tabla 4.19.

Tabla 4.19. Consumo energético y emisiones de CO₂ del sistema de climatización del edificio de FACES para la condición de operatividad actual y el efecto de la aplicación de un sistema de energía alternativa en la iluminación exterior

Condición	kWh/día	kWh/mes	kWh/año	Combustible/año (m3)	CO ₂ /año (kg)
Actual	480,00	14.400,00	172.800,00	101.779,20	76.032,00
Sistema de energía alternativa para iluminación exterior	480,00	14.400,00	172.800,00	101.779,20	76.032,00
Ahorro (% por renglón)	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)

La tabla 4.19 muestra que instalando un sistema de iluminación exterior usando postes alimentados con paneles solares se podría liberar del consumo de FACES un total de 172.800 kWh/año que representa un 11,71 % del consumo por iluminación.

Los costos de implementar esta alternativa ecológica de iluminación deben ser asumidos por una institución como Fundelec que esta encargada de los proyectos de energías alternativas en todo el territorio nacional y realiza actualmente la instalación de sistemas de alimentación con paneles solares y aerogeneradores, en escuelas, hospitales y demás entes públicos del estado. El enlace con la universidad y a su vez con la facultad debe ser manejado por el Modelo Ecológico de Gestión Ambiental de la Universidad de Carabobo (MEGAUC) que maneja desarrollo de actividades docentes e investigadoras que tengan como objetivos la consolidación del concepto



de desarrollo sostenible y el análisis y aporte de soluciones en el campo del medio ambiente.

El impacto económico para esta alternativa no se evalúa ya que debe ser implementada por otra institución del estado para poder aplicarse y se justifica para lograr la meta de por lo menos un 20 % de ahorro energético en FACES como lo exige el ejecutivo nacional.

4.11 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Consumo del sistema de iluminación:

1.301.971,96 kWh/Año

Costo debido al consumo de energía eléctrica:

$1.301.971,96 \text{ kWh/Año} \times 0,037854 \text{ Bs.} = 49.284,84 \text{ Bs./Año}$

4.12 EVALUACIÓN ECONÓMICA EN TÉRMINOS DE AHORRO DE LAS ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Ahorro anual debido a la disminución del consumo eléctrico de las alternativas del sistema de climatización:



Tabla 4.20. Ahorro anual debido a la disminución del consumo de energía eléctrica por la aplicación de las alternativas en el sistema de iluminación

Condición de operación	Ahorro en consumo (kWh/año)	Ahorro(Bs./Año)	Ahorro (%)
Propuesta-A1	389.388,48	14.739,91	29,90
Propuesta-A3	436.737,60	16.532,26	33,54
Total	826.126,08	31.272,17	63,44

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)

La tabla 4.20 muestra que se puede ahorrar hasta un 63,44 % anual del costo total del gasto por iluminación

4.13 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

Consumo del sistema de climatización:

2.229.682,32 kWh/Año

Costo debido al consumo de energía eléctrica:

$2.229.682,32 \text{ kWh/Año} \times 0,037854 \text{ Bs.} = 84.402,39 \text{ Bs./Año}$

4.14 EVALUACIÓN ECONÓMICA EN TÉRMINOS DE AHORRO DE LAS ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

Ahorro anual debido a la disminución del consumo eléctrico de las alternativas del sistema de climatización:



Tabla 4.21. Ahorro anual debido a la disminución del consumo de energía eléctrica por la aplicación de las alternativas en el sistema de climatización

Condición de operación	Ahorro en consumo (kWh/año)	Ahorro(Bs./Año)	Ahorro (%)
Propuesta-B2	684.069,36	25.894,76	30,68

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)

Esto indica que anualmente se podrían ahorrar más de la cuarta parte del gasto actual en electricidad solo reemplazando todas las unidades actuales.



CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES

Se realizó un análisis de las condiciones actuales de los equipos y componentes instalados de los sistemas de iluminación y climatización, en donde se determinó el consumo de energía eléctrica, emisiones de CO₂, consumo de combustible y costos de generación de energía. Dando como resultado que el consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación es de 36,86 % y el de climatización es de 63,14 %.

Se determinaron las causas que dan origen a las condiciones de operación de ambos sistemas. Entre las más relevantes se encuentran: Jornadas de trabajo de los equipos durante 24 horas, todos los días incluyendo los fines de semana y días feriados. Utilización de balastos electromagnéticos. Utilización de lámparas T12. Poca información de programas de ahorro energético por parte de la institución.. Uso de equipos de climatización en obsolescencia. (Más de 20 años).

Se plantearon alternativas de mejoras de los sistemas de iluminación y climatización, planteando propuestas de mejoras técnicamente factibles y se analizó su impacto tanto en el consumo eléctrico como a nivel económico analizando el ahorro logrado al aplicar las alternativas.

Se realizó el análisis de ahorro energético en ambos sistemas, dando como resultados los siguientes:

Sistema de Iluminación: Las propuestas analizadas fueron las siguientes:



Propuesta-A1: propuesta que evalúa el reemplazo de luminarias del tipo 2x40 W a las del tipo 2x32 W y un horario de uso de solo 6 horas lo cual logra un ahorro de 29,90 % sobre el consumo total de iluminación.

Propuesta-A3: propuesta que evalúa el reemplazo de las luminarias de tipo 4x40 W a las del tipo 3x32 W con la que se obtiene un ahorro del consumo de los recursos energéticos de 52,08 % del consumo total de iluminación.

Sistema de energía alternativa: se determinó que si la carga que se consume por iluminación exterior es trasladada a un sistema independiente de iluminación exterior por paneles solares se obtiene un ahorro de 172.800 kW/año que significan un 11,71 % del ahorro del consumo total de iluminación

Sistema de Climatización: La propuesta analizada fue la siguiente:

Propuesta-B2: esta propuesta que evalúa el reemplazo de todas las unidades de climatización por equipos actuales logra tener un impacto de reducción sobre el consumo de climatización de total de un 30 %.

Tabla 5.1 Resumen de los kWh/año ahorrados con las propuestas evaluadas

Tipo de sistema	kWh/año ahorrados.	%
Iluminación	826.126,08	36,86
Sistema de energía alternativa	172.800,00	11,71
Climatización	684.069,36	30,68

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)



- Se realizó el análisis de ahorro económico en ambos sistemas, dando como resultados los siguientes:

- **Sistema de Iluminación:** Se determinó que actualmente el sistema de iluminación presenta un costo por consumo de energía eléctrica de 49.284,84 Bs. por año. Si se aplican las propuestas-A1 y la propuesta-A3 se lograría un ahorro de un 63,44 % en el gasto económico anual. Este ahorro tiene un valor de 31.272,17 Bs. por año.

- **Sistema de Climatización:** Se determinó que actualmente el sistema de climatización presenta un costo por consumo de energía eléctrica de 84.402,39 Bs. por año. Si se aplica las propuestas-B2 con la sustitución de los equipos de climatización se lograría un ahorro de un 30,68% en el gasto económico anual. Este ahorro tiene un valor de 25.894,76 Bs. por año.

Tabla 5.2 Resumen del ahorro en bolívares logrado con las propuestas evaluadas

Tipo de sistema	Bs. Ahorrados	%
Iluminación	31.272,17	36,86
Climatización	25.894,76	30,68

Fuente: Carlos Hidalgo (2011)



5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda el desarrollo de estudios orientados a identificar la importancia del ahorro de la energía eléctrica y la participación de las personas sobre la preservación de las condiciones medioambientales.

Promover campañas de ahorro energético por medio de material informativo publicado en las áreas del edificio de FACES con el fin de motivar a las personas que hacen vida dentro de la institución en el uso racional de los recursos energéticos de la Universidad de Carabobo.

Realizar estudios que permitan conocer las políticas de ahorro energético.

Dar a conocer las normas técnicas, dispositivos y equipos que permiten disminuir el consumo de energía y aumentar la vida útil de los equipos y componentes de los sistemas de iluminación.

Diseñar metodologías de auditoria energética para edificaciones.

Realizar estudios que evidencien los desarrollos tecnológicos aplicables en las edificaciones para mejorar la eficiencia energética de los sistemas de iluminación y climatización



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] CIER. Comisión Integración Energética Regional
<http://www.cier.org.uy/d06-sie/index.htm>
- [2] Decreto No.6.992 Gaceta oficial No. 39.363 del 8 de febrero de 2010
- [3] Universidad de Carabobo, sitio Web de la facultad de Ciencias Económicas y
[http://www.faces.uc.edu.ve/webfaces/index.php?option=com_content&task=view
&id=25&Itemid=37](http://www.faces.uc.edu.ve/webfaces/index.php?option=com_content&task=view&id=25&Itemid=37)
Barbula. Venezuela.
- [4] Castillo M., Richard W. (2010) “*Evaluación técnica - económica de la eficiencia energética de los sistemas de iluminación y climatización en el complejo petroquímico morón*”. Trabajo de Pregrado de la Facultad de Ingeniería. UC. Valencia. Venezuela.
- [5] *Soluciones Energéticamente Eficientes en la Edificación* (2009),
Publicación de Fundación de la Energía de la comunidad de Madrid.
<http://www.fenercom.com/>. Madrid España.
- [6] Sáenz de Miera Gonzalo. (2009). *La eficiencia energética: análisis empírico y regulatorio (DT)*. [Online]. DT37-2009. Disponible en Web:
[http://www.realinstitutoelcano.org/wps/portal/rielcano/contenido?
WCM_GLOBAL_CONTEXT=/Elcano_es/Zonas_es/DT37-2009](http://www.realinstitutoelcano.org/wps/portal/rielcano/contenido?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/Elcano_es/Zonas_es/DT37-2009). Madrid España.



- [7] Martínez, J., Gimón J. (2002). *Estudio de la eficiencia energética en la escuela de ingeniería eléctrica de la Universidad de Carabobo*. Trabajo de Pregrado de la Facultad de Ingeniería. UC. Valencia. Venezuela.
- [8] Ruedas. (1997). *Proyecto de ahorro de energía eléctrica por iluminación en la Universidad de México*. Trabajo especial de Ascenso Universidad de La Salle, México.
- [9] Ortiz, (1993). *Diseño, operación, mantenimiento y uso tendente a disminuir los costos totales del consumo eléctrico, en la torre PEQUIVEN*. Trabajo institucional interno. Caracas, Venezuela.
- [10] OLADE Organización Latino Americana de Energía.
<http://www.olade.org.ec/php/index.php?arb=ARB0000576>
- [11] García D., Vicente. *Fundamento y anteproyecto de ley para promover la eficiencia energética en Venezuela* (2001). Proyecto CEPAL/Comisión Europea "Promoción del uso eficiente de la energía en América Latina". Santiago de Chile, Chile.
- [12] Misión Revolución Energética. Economía y Desarrollo Social.
http://www.menpet.gob.ve/mision_revolucion_energetica/index.php
- [13] WWF España. *Buenas prácticas para ahorrar energía en el trabajo*.
Web: www.wwf.es/horadelplaneta.



- [14] Corpoelec. Facturación mensual para la Universidad de Carabobo, Factura No. F94168261. NIC: 2131768. Valencia- Estado Carabobo.
- [15] Philips. (1992) *Guía de Aplicaciones no 3 de Alumbrado*. Alumbrado para Oficinas.
- [16] *Guía Técnica de Iluminación Eficiente*, Comunidad de Madrid (2008)
Publicación de Fundación de la Energía de la comunidad de Madrid.
<http://www.fenercom.com/>. Madrid, España.
- [17] IDEA Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2001). *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación*. Madrid. España. [Online].
Disponible en la Web: <http://www.idae.es>. [Citado 2 Junio 2011].
- [18] Miranda, Luis. (2000). *Nueva enciclopedia de la climatización*. Aire Acondicionado. Ediciones CEAC, Barcelona, España.
- [19] Quadri, Nestor. (2001). *Sistemas de aire acondicionados Calidad del aire interior*. 1era. Edición. Editorial Alsina, Buenos Aires, Argentina.
- [20] Agencia Internacional de la Energía (AIE), (2008). *Energy Technology Perspectives*. España.
- [21] *Revista Digital Universitaria* En la Web:
<http://www.revista.unam.mx/vol.3/num1/art2/index.html>
- [22] Jones, D.L.(2002) *Arquitectura y entorno. El diseño de la construcción bioclimática*. Edit Blume. Barcelona.



ISBN 84-9593-01-0.

[23] Web de Arquitectura sustentable.

http://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_sustentable.

[24] Kim, Jong-Jin; Rigdon, Brenda. *Pollution Prevention in Architecture*.

National Pollution Prevention Center For Higher Education. University Of Michigan.

[25] Energía en edificios, edificios energía cero.

http://es.wikipedia.org/wiki/Edificio_energ%C3%ADa_cero

[26] AICIA, Asociación de investigación y Cooperación Industrial de Andalucía.

Sevilla, España. Documento sobre edificios. <http://www.aicia.es/185>

[27] Isofotón. *Manual de Soluciones Energéticas*. Madrid, España.

<http://www.isofoton.com/>

[28] Pagina oficial del World Trade Center en Bahrein. <http://www.bahrainwtc.com/>

[29] Luna, Rafael 1999. *Manual para determinar la factibilidad económica de Proyectos*. PROARCA/CAPAS. [Online]. Disponible en la Web: <http://www.preval.org/documentos/00453.pdf> . [Citado 8 Noviembre 2009].

[30] Baca, U. Gabriel (2001). *Evaluación de Proyectos*. Cuarta Edición, McGraw Hill, México.

[31] Bodie, Zvi y Merton Robert (2003). *Finanzas*. Primera Edición. Pearson Educación. México.



-
- [32] Hurtado de B., Jacqueline (2000). *Metodología de la Investigación Holística*. 3ª. Edición. Caracas: Fundación SYPAL. Caracas.
- [33] Tamayo y Tamayo, Mario, (1997) *El Proceso de la Investigación Científica*. 3era edición. Editorial Limusa. México.
- [34] Hernández, S., Roberto, Fernández, C. Carlos, Baptista L., Pilar,(1998). *Metodología de la Investigación*. Segunda Edición. Editorial Mc Graw – Hill. México.
- [35] Bodie, Zvi y Merton Robert (2003). *Finanzas*. Primera Edición. Pearson Educación. México.
- [36] CAVEINEL. Camara Venezolana de la Industria Electrica.
<http://www.caveinel.org.ve>
- [37]. *Catalogo de paneles solares*. Isofotón. Madrid, España. www.isofoton.es



ANEXOS