

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



**EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS EDIFICIOS DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA DE LA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.**

PRESENTADO POR:

JUAN PABLO CARTAGENA PORTILLO

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 2012

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

:

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL :

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO

:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO

:

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

DIRECTOR

:

ING. JOSÉ WILBER CALDERÓN URRUTIA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO ELECTRICISTA

Título :

**EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS EDIFICIOS DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA DE LA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.**

Presentado por :

JUAN PABLO CARTAGENA PORTILLO

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

ING. JOSÉ ROBERTO RAMOS LÓPEZ

ING. ARMANDO MARTÍNEZ CALDERÓN

San Salvador, Marzo 2012

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

ING. JOSÉ ROBERTO RAMOS LÓPEZ

ING. ARMANDO MARTÍNEZ CALDERÓN

ACTA DE CONSTANCIA DE NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, 06 de Marzo de 2012, en la Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las 4:00 horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

1. Ing. José Wilber Calderón Urrutia
Director

Firma: 

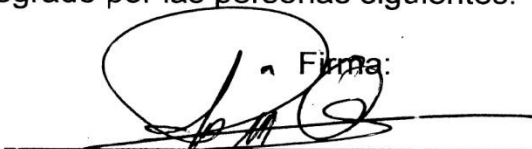
2. Ing. Salvador de Jesús Germán
Secretario

Firma: 

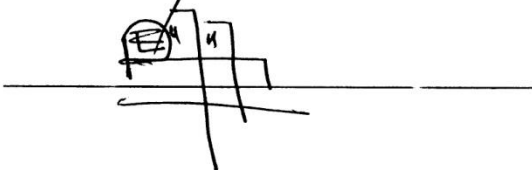


Y, con el Honorable Jurado de Evaluación integrado por las personas siguientes:

1- Ing. Carlos Osmín Pocasangre Jiménez

Firma: 

2- Ing. Eduin Ruyé Mendoza



Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS EDIFICIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

A cargo del los Bachiller:

Br. Cartagena Portillo, Juan Pablo

Habiendo obtenido el presente Trabajo una nota final, global de: 7.0

(SIETE PUNTO OCHO)

Agradecimientos

Señor, gracias por darme la fuerza y la convicción necesaria por completar una tarea más en mi vida.

Gracias por guiarme de una manera impecable a través de los tantos obstáculos que tuve en mi camino y por mantenerme firme cuando todo pareciera estar perdido.

Gracias por tu protección y por tus muchas señales a lo largo del camino. Gracias por lo que tengo y por lo que no tengo.

Gracias por mi familia y amigos que has puesto en mi camino y por favor cuídalos y guíalos de la misma manera como lo has hecho conmigo.

Agradezco a mi abuela Graciela Cartagena por su apoyo incondicional durante toda mi vida y en mi proceso de formación profesional; agradezco a mi madre Rosario Aida Portillo; mis hermanos Roberto Antonio Portillo y Roxana Lisseth Portillo; mi sobrino Pablo Antonio Portillo por estar conmigo, siendo ellos los que motivan en mí, seguir creciendo profesionalmente.

A mis amigos y amigas que siempre estuvieron presentes en mis ideas y por estar siempre con esa palabra de aliento para hacer que todo se vea un poco más sencillo y productivo.

Agradezco a mi amigo Mauricio Augusto Cruz Moran y compañía por su notable ayuda e incondicional apoyo hasta la finalización exitosa de este trabajo.

Quiero agradecer a los profesores que impartieron y compartieron sus conocimientos durante años y así terminar con éxito este proyecto.

A mis asesores por su participación y guiarme en la culminación exitosa de este esfuerzo.

Muchas gracias a todos y que Dios les llene de bendiciones.

Juan Pablo Cartagena Portillo

I. Tabla de Contenido

<u>II. LISTA DE FIGURAS.....</u>	<u>5</u>
<u>III. LISTA DE TABLAS.....</u>	<u>7</u>
<u>IV. LISTA DE GRÁFICOS.....</u>	<u>9</u>
<u>V. INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>11</u>
<u>VI. OBJETIVOS</u>	<u>13</u>
VI.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
VI.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
<u>VII. ALCANCES.....</u>	<u>14</u>
<u>VIII. DEFINICIONES, ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.....</u>	<u>15</u>
VIII.1. DEFINICIONES.....	15
VIII.2. ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS	17
<u>1. REFERENCIA TEÓRICA.....</u>	<u>18</u>
1.1. ¿QUÉ ES EFICIENCIA ENERGÉTICA (EE)?	18
1.2. IMPORTANCIA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	19
1.3. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS.....	24
1.4. CONDICIONES GENERALES DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y CLIMATIZACIÓN EN EDIFICIOS	26
1.5. AUDITORIAS ENERGÉTICAS EN EDIFICIOS EXISTENTES.....	31
1.6. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS.....	33
1.7. METODOLOGÍA BÁSICA PARA AUDITORIA ENERGÉTICA	36
1.8. METODOLOGÍA GENERAL DE ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	39
1.8.1. Línea Base	39
1.8.1.1. Identificación del Edificio.....	39
1.8.1.2. Solicitud de Información.....	40

1.8.1.3.	Inspección Visual	42
1.8.2.	Modelo Base de Consumo de Energía	43
1.8.3.	Modelo de Bajo Consumo de Energía	43
1.8.4.	Análisis y Evaluación de los modelos	44
1.8.5.	Análisis Económico	45
1.8.6.	Implementación y Seguimiento	45

2. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN EDIFICIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR..... 46

2.1.	SOLICITUD DE INFORMACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA FIA.....	46
2.1.1.	Análisis de Facturación de Consumo de Energía para los Edificios de la FIA	48
2.1.1.1.	Facturas de Consumo Eléctrico.....	48
2.1.1.2.	Análisis de Facturación Eléctrica para el año 2008	49
2.1.1.3.	Análisis de Facturación Eléctrica para el año 2009	52
2.1.1.4.	Análisis de Facturación Eléctrica para el año 2010	53
2.1.1.5.	Análisis Anual de la Facturación Eléctrica	55
2.1.1.6.	Facturas de Consumo de Combustibles.....	56
2.2.	IDENTIFICACIÓN DE EDIFICIOS CRÍTICOS DE CONSUMO DE ENERGÍA.....	57
2.3.	INSPECCIÓN VISUAL DE LOS DISTINTOS EDIFICIOS IDENTIFICADOS	59
2.3.1.	Condiciones de Fachadas del Edificio de Administración Académica de la FIA.....	61
2.3.2.	Condiciones Internas del Edificio.....	65
2.3.2.1.	Iluminación y Equipos de Oficina Actual del Edificio	65
2.3.2.2.	Equipos de Aire Acondicionado	66
2.4.	INSPECCIÓN VISUAL A LOS EDIFICIOS RESTANTES.....	70
2.4.1.	Edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica	70
2.4.2.	Edificio de las Escuelas de Ingeniería Mecánica y Química	70
2.4.3.	Edificio de Escuela de Arquitectura (Aulas D), Edificio Aulas B Y C	71
2.4.4.	Instalaciones del CIAN	71
2.4.5.	Instalaciones de Docentes y Unidad de Ciencias Básicas (UCB).....	72
2.4.6.	Edificio de las Escuelas de Ingeniería Industrial y Sistemas Informáticos.....	72
2.4.7.	Edificio de la Biblioteca de la FIA	73
2.5.	MODELO BASE DE CONSUMO DE ENERGÍA DE LOS EDIFICIOS ELEGIDOS	74
2.5.1.	Validación de los Modelos	74

2.5.2.	Perfil de Carga Mensual del Edificio de Administración Académica de la FIA	75
2.5.3.	Perfiles de Carga Anual para los Edificios Restantes de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.....	78
3.	<u>MODELO DE BAJO CONSUMO DE ENERGÍA.....</u>	87
3.1.	MEDIDA HÁBITOS DE AHORRO ENERGÉTICO	88
3.2.	MEDIDAS ENERGÉTICAS PARA EL EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN ACADÉMICA DE LA FIA	89
3.2.1.	Diseño Eficiente del Sistema de Iluminación.....	90
3.2.2.	Medidas para Aminorar la Operación de los Equipos de Aire Acondicionado.....	94
3.2.2.1.	Colocación de Cortasoles en las Fachadas del Edificio	96
3.2.2.2.	Instalación de Cámaras Aislantes para choques de Temperaturas	98
3.2.2.3.	Aplicación de Aislación Térmica en Zonas Climatizadas.....	99
3.2.2.4.	Posibilitar la Ventilación Natural en Áreas que lo Permitan.....	101
3.2.2.5.	Eliminación de Aire Acondicionado del Pasillo del Tercer Nivel	103
3.3.	MEDIDAS ENERGÉTICAS PARA EL EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA .	104
3.3.1.	Sustitución de Equipos de Aire Acondicionado Ineficientes	104
3.3.2.	Diseño Eficiente del Sistema de Iluminación.....	108
3.3.3.	Modelación del Sistema Fotovoltaico	110
3.4.	APLICACIÓN DE MEDIDAS ENERGÉTICAS A LOS EDIFICIOS RESTANTES	112
3.5.	MEDIDAS ENERGÉTICAS APLICADAS A LOS RECURSOS DE COMBUSTIBLE.....	116
3.6.	RESULTADOS PREVIOS DE LAS MEDIDAS APLICADAS A LOS EDIFICIOS.....	119
4.	<u>ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS.....</u>	124
4.1.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS	124
4.2.	COMPARACIÓN DE LOS MODELOS BASE Y AHORRO DE CONSUMO DE ENERGÍA DEL EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN ACADÉMICA DE LA FIA.....	125
4.3.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS PARA LOS EDIFICIOS RESTANTES.....	132
5.	<u>ANÁLISIS ECONÓMICO</u>	138
6.	<u>IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO</u>	141

6.1. COMITÉS ENERGÉTICOS.....	142
<u>7. RECOMENDACIONES</u>	<u>144</u>
<u>8. CONCLUSIONES</u>	<u>146</u>
<u>9. BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>148</u>
<u>10. ANEXO.....</u>	<u>150</u>
A. VALIDACIÓN DE LAS MEDICIONES RESPECTO DE LAS SIMULACIONES DE LAS INSTALACIONES.....	150
B. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES DEL MODELO LÍNEA BASE Y LOS MODELOS AHORRO DE ENERGÍA.....	155
C. DESCRIPCIÓN GENERAL DE ENERGYPLUS	175
C1. ¿Qué es EnergyPlus?.....	175
C2. ¿Por qué existe EnergyPlus y cuáles eran sus objetivos originales?	177
D. PLIEGOS TARIFARIOS PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO	181
D1. Pliegos Tarifarios para el año 2008.....	181
D2. Pliegos Tarifarios para el año 2009.....	181
D3. Pliegos Tarifarios para el año 2010.....	182

II. Lista de Figuras

Figura 1. El uso de la EE puede reducir índices económicos, sociales y energéticos en las edificaciones. a) Representa la no aplicación de EE. b) Representa la práctica de EE mediante el cual se obtendría beneficios en cuanto a reducción.....	26
Figura 2. Proceso de análisis y evaluación de EE en diseño de edificaciones, también es válida para otro tipo de construcción.....	28
Figura 3. Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior (ETICS).....	28
Figura 4. Sistema de Doble Vidriado Hermético (DVH).....	29
Figura 5. Diagrama de bloque que representa la metodología básica de estudio de EE. Estas etapas son típicas para cualquier metodología.....	38
Figura 6. Diagrama de bloque que representa una metodología mas compuesta y detallado en comparación con la metodología expuesta en la sección anterior.	41
Figura 7. Edificios de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la UES.....	58
Figura 8. Diferentes vistas del edificio de Administración Académica de la FIA.....	62
Figura 9. Incidencia de los rayos solares sobre el edificio de Administración en distintas horas del día.....	63
Figura 10. Representación de la dirección de viento sobre el Edificio de Administración Académica de la FIA.....	64
Figura 11. Distribución actual del sistema de iluminación en el edificio de Administración Académica de la FIA.	67
Figura 12. Distribución actual del sistema de climatización en el edificio de Administración Académica de la FIA.	68
Figura 13. Distribución de los edificios de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura en el campus de la UES.....	76
Figura 14. Observación del Edificio aulas C, el cual se dejar ver como existe una mala utilización del sistema de iluminación.....	88
Figura 15. Coordinación manual entre alumbrado natural y artificial. Se emplean 2 circuitos para obtener 3 escenas de luz. El circuito a conecta 1 lámpara por luminaria (escena 1=33% de la potencia instalada). El circuito b conecta 2 lámparas por luminaria (escena 2 = 66% de la potencia instalada). Con los circuitos a y b operando simultáneamente se conecta el 100% de la carga (escena 3).	91

Figura 16. a) Observación de la claridad en el área de la Sala de Reuniones de Junta Directiva del edificio de Administración Académica de la FIA. b) Niveles de iluminancia natural (lux) de dicha área de simulación. Fuente: Resultados de Simulación.....	92
Figura 17. Diseño actual y propuesto del sistema de iluminación para el Salón de Reuniones de Junta Directiva del edificio de Administración Académica de la FIA.	94
Figura 18. Criterios técnicos para el cálculo de las dimensiones de los cortasoles a implementar en el edificio de Administración Académica de la FIA.	96
Figura 19. Ejemplo de cortasoles en a) Edificio de la facultad Medicina UES, b) Hospital Benjamín Bloom.	97
Figura 20. Modelación de los cortasoles en el edificio de Administración Académica de la FIA, a través del plugin OpenStudio.....	97
Figura 21. Modelación de las cámaras térmicas para el segundo y tercer nivel del edificio de Administración Académica de la FIA.....	98
Figura 22. Indicación de áreas donde ocurren los golpes de temperaturas tanto del segundo como del tercer nivel del edificio de Administración Académica.....	99
Figura 23. Condiciones actuales y propuestas de aislación térmica en las divisiones que separa las distintas áreas internas al edificio de Administración Académica de la FIA.....	100
Figura 24. Ejemplificación de cómo debe realizarse una adecuada ventilación natural.	102
Figura 25. Áreas de aplicación de ventilación natural en el edificio de Administración Académica de la FIA. A la izquierda corresponde el área de gradas de segundo nivel y a la derecha corresponde el área de gradas del tercer nivel.....	102
Figura 26. Efectividad de ventilación natural para las distintos tipos de ventanas. Fuente: HandBook ASHRAE, Fenestration Components, Chapter 15, page 15-1.	103
Figura 27. Modelación de los cortasoles en la zona de la secretaria del edificio de la Escuela de Eléctrica.....	106
Figura 28. a) Almacenamiento de calor generado en los espacios entre el cielo falso y el techo de lámina ZincAlum del segundo nivel. b) propuesta de liberación de calor en el techo del Edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica.	107
Figura 29. Disposición de colocación de tragaluces en áreas específicas para el Edificio de La Escuela de Ingeniería Eléctrica.....	109
Figura 30. Esquema del sistema fotovoltaico instalado en el Edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica.....	112

Figura 31. Distribución de modelación de las medidas energéticas de los edificios de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura en el campus de la UES.	117
Figura 32. Estructura para la creación de Comité Energético. Fuente: Consejo Nacional de Energía - CNE	143

III. Lista de Tablas

Tabla 1. Diferentes tipos de barrera para la puesta en ejecución de EE.	36
Tabla 2. Medidores para las facturas de electricidad en estudio. Fuente: Facturas Eléctricas.	49
Tabla 3. Datos mensuales de las facturas para los medidores citados correspondientes al año 2008. Fuente: Facturas Eléctricas.	50
Tabla 4. Datos mensuales de las facturas para los medidores citados correspondientes al año 2009. Fuente: Facturas Eléctricas.	52
Tabla 5. Datos mensuales de las facturas para los medidores citados correspondientes al año 2010. Fuente: Facturas Eléctricas.	54
Tabla 6. Datos totales anuales de los consumos de energía y costos de cada medidor.	56
Tabla 7. Registro de las velocidades del viento que cruzan el territorio de San Salvador.....	64
Tabla 8. Datos técnicos de los distintos equipos de aire acondicionado instalados en el edificio de Administración Académica de la FIA.....	69
Tabla 9. Registro de datos de consumo eléctrico mensual del edificio de Administración Académica de la FIA. Fuente: Resultados de Simulación.....	77
Tabla 10. Superficie construida y densidad de personal de cada instalación.....	82
Tabla 11. Registro de datos de consumo eléctrico por rubro de energía, consumo anual y el costo anual por cada edificio de la facultad. Fuente: Resultados de Simulación.....	85
Tabla 12. Calculo de la cantidad necesaria de tubos y lámparas de acuerdo al ingreso de luz natural para el Edificio de Administración Académica de la FIA.	95
Tabla 13. Propiedades físicas de distintitos materiales aislantes utilizados en la industria. Fuente: Handbook ASHRAE 2009, Heat, Air, and Moisture Control in Building Assemblies – Material Properties, table 4.....	101
Tabla 14. Datos técnicos de los equipos de aire acondicionado instalados y los propuestos en el edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica. Fuente: Hojas técnicas de los equipos de aire acondicionado.....	105

Tabla 15. Registro de temperaturas en los espacios A y B, entre el cielo falso y el techo y arriba de esta zona, sin y con ventilación de aire. Fuente: Resultados de Simulación.	108
Tabla 16. Características técnicas de tragaluces disponibles en el mercado.....	109
Tabla 17. Calculo de la cantidad necesaria de tubos y lámparas de acuerdo al ingreso de luz natural para el Edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica. Fuente: Resultados de Simulaciones.....	111
Tabla 18. Matriz de medidas energéticas aplicadas para cada edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.	114
Tabla 19. Registro de los resultados previos para cada medida y combinación de ellas según cada edificio. Fuente: Resultados de Simulación.	123
Tabla 20. Porcentajes de reducción según la medida aplicada al edificio de Administración Académica de la FIA. Fuente: Resultados de Simulación.	125
Tabla 21. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del edificio de Administración Académica de la FIA de los modelos Base consumo de energía y modelo ahorro de energía. Fuente: Resultados de simulación	128
Tabla 22. Registro de los resultados de ahorro por medida y la combinación de ellas para el edificio de Administración Académica de la FIA. Fuente: Resultados de Simulación.	130
Tabla 23. Resultados de los indicadores consumo de energía por superficie construida (kWh/m ² /año), consumo de energía por ocupante (MWh/persona/año) y costo de energía por ocupante (\$-kWh/ocupante/año). Fuente: Resultados de Simulación.	133
Tabla 24. Resultado del sistema fotovoltaico instalado en la Escuela de Ingeniería Eléctrica. Fuente: Resultados de Simulación.	136
Tabla 25. Generación de energía mensual del sistema fotovoltaico instalado en la Escuela de Ingeniería Eléctrica tanto reales como simulados. Fuente: Resultados de Simulación.....	136
Tabla 26. Cargos asociados al consumo de energía tanto para el modelo línea base como para cada una de las condiciones de ahorro establecidas así como la combinaciones de estas. Fuente: Resultados de Simulación.	137
Tabla 27. Ahorros trasladados al tiempo para cada edificio justo con la inversión respectiva según el tiempo de recuperación.	138
Tabla 28. Factor de anualidad presente para 1 y 2 años de recuperación.	140

IV. Lista de Gráficos

Gráfico 1. Evolución de capacidad instalada en El Salvador a través de los años por tipos de recurso. Fuente: Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones – SIGET.....	20
Gráfico 2. Porcentajes de la capacidad instalada y la generación neta según la forma de generación de electricidad. Fuente: Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones - SIGET.20	
Gráfico 3. Evolución de la emisión de CO ₂ derivado del consumo de energía a base de combustible fósil. Fuente: Energy Information Administration - EIA - Official Energy Statistics from the U.S. Government.	22
Gráfico 4. Perfiles de consumo mensual de energía y el costo de la energía en el 2008 para cada una de las facturas de los medidores en estudio. Fuente: Facturas Eléctricas.....	51
Gráfico 5. Perfiles de consumo mensual de energía y el costo de la energía en el 2009 para cada una de las facturas de los medidores en estudio. Fuente: Facturas Eléctricas.....	53
Gráfico 6. Perfiles de consumo mensual de energía y el costo de la energía en el año 2010 para cada una de las facturas de los medidores en estudio. Fuente: Facturas Eléctricas.	55
Gráfico 7. Consumo de energía y costo eléctrico anual para los dos medidos en estudio correspondiente al año 2008, 2009 y 2010. Fuente: Facturas Eléctricas.	56
Gráfico 8. Consumo de energía anual para los distintos edificios a estudiar. Fuente: Resultados de Simulación.	58
Gráfico 9. Tendencia de las temperaturas en el área de Salón de Reuniones de Junta Directiva, cuando las ventanas operan bajo condiciones de cierre y apertura. Fuente: Resultados de Simulación.	65
Gráfico 10. Gráfico de la demanda en el periodo 12 al 19 de Abril 2011 para el edificio de Administración Académica de la FIA. Fuente: Mediciones y Simulaciones.	75
Gráfico 11. Caracterización de los indicadores energéticos de aportación al consumo eléctrico para el edificio de Administración de la FIA. Fuente: Resultados de Simulación.....	77
Gráfico 12. a) Perfil de la máxima demanda de potencia dividido en las variables energéticas. b) Perfil de consumo máximo de energía dividido en las variables energéticas. Fuente: Resultados de Simulación.	79
Gráfico 13. Perfil de consumo energético mensual para la Administración y relación de costos por consumo de energía mensual. Fuente: Resultados de Simulación.....	80

Gráfico 14. Perfil de consumos de energía anuales por cada una de los rubros energéticos y para cada uno de los edificios en estudio, a) Consumo de energía (kWh/año), b) Consumo de energía por superficie construida (kWh/m ² /año). Fuente: Resultados de Simulación.	81
Gráfico 15. Perfil de porcentajes de la máxima demanda de potencia por variables energéticas para cada uno de los edificios. Fuente: Resultados de Simulación.....	83
Gráfico 16. Perfil de porcentajes de la máxima demanda de potencia por variables energéticas para cada uno de los edificios. Fuente: Resultados de Simulación.....	84
Gráfico 17. Perfil de consumo energético mensual para la Administración y relación de costos por consumo de energía mensual. Fuente: Resultados de Simulación.....	86
Gráfico 18. Porcentaje de uso de energía por cada rubro energético total para los edificios de la FIA. Fuente: Resultados de Simulación.	86
Gráfico 19. Resultados previos del consumo de energía anual de las medidas aplicadas y la combinación de ellas según cada edificio. Fuente: Resultados de Simulación.....	121
Gráfico 20. Resultados previos del consumo de energía por superficie cuadrada anual de las medidas aplicadas y la combinación de ellas según cada edificio. Fuente: Resultados de Simulación.	122
Gráfico 21. Resultados de reducción de la demanda de potencia por cada medida desde el modelo línea base hasta la combinación de medidas del edificio de Administración Académica de la FIA. Fuente: Resultados de Simulación.	126
Gráfico 22. Indicación de reducción de porcentajes por cada medida y la combinación de estas del edificio de Administración Académica de la FIA. Fuente: Resultados de Simulación.....	126
Gráfico 23. Representación del costo eléctrico (grafico de barras) y el consumo de energía (grafico de línea) del modelo línea base y del modelo bajo consumo de energía para el Edificio de Administración Académica de la FIA. Fuente: Resultados de Simulación.	131
Gráfico 24. Comparación del indicador consumo de energía por superficie cuadrada anual para cada medida y combinación de ellas de cada edificio en estudio. Fuente: Resultados de Simulación.	134
Gráfico 25. Reducción en porcentaje de las medidas aplicadas y la combinación de estas para cada edificio. También representa el porcentaje de aportación por rubro. Fuente: Resultados de Simulación.	135

V. Introducción

El incesante crecimiento de la demanda eléctrica anual que enfrenta El Salvador es bastante significativo, esto permite que las generadoras de energía eléctrica eleven su producción todos los años a un nivel que siga a la par del crecimiento de la demanda. La estructura de generación de electricidad que posee El Salvador es diversa en cuanto al tipo de recursos, así tenemos que las generaciones neta por la cual depende el país son: generación hidroeléctrica (36.0%), generación geotérmica (25.0%), generación térmica (39.0%)¹.

La generación térmica disminuyó para el año 2010 (para el 2009 la generación térmica era de 47.0%) aun así es predominante en la generación de electricidad de El Salvador, su evolución del porque este suceso carece de importancia en este trabajo, sin embargo hay que destacar que en un período atrás fue un desarrollo eléctrico necesario para abatir la creciente demanda que afrontaba el país.

A pesar de lo propicio de las generaciones térmicas, El Salvador se fue sumergiendo en dos enfoques que abaten hoy en día el sector eléctrico, tales son:

- La dependencia de combustible fósil (principalmente petróleo) utilizado en diversos servicios sociales, sobre todo en la generación de energía eléctrica en las plantas térmicas.
- El impacto ambiental generado por la utilización de los combustibles fósiles.

A lo largo de este trabajo se pretende enfatizar la importancia de ejercer la eficiencia energética en cuanto a las energías disponibles con la que opera un edificio, en la que se subraya las posibilidades medidas de ahorro de energía que puede poseer tales infraestructuras.

En primer lugar se hace una referencia teórica de los conceptos más importantes acerca de la eficiencia energética y de los instrumentos a utilizar en este estudio (metodología,

¹ Extraído del Boletín de Estadísticas Eléctricas 2010 realizados por la SIGET, los porcentajes por tipo de recurso se definen por La Composición de Generación Neta, Gráfico 6 del boletín.

programas informáticos, normas, etc.), sobre todo se describe la metodología a utilizar en la aplicación a los edificios de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Del capítulo 2 al 3 se implementa la metodología de eficiencia energética a los edificios a analizar, tal metodología fue dividida por capítulos debido a que algunas partes son de considerable importancia que no basta con describir en un par de páginas.

En el capítulo 4 se hace el análisis y la evaluación de los resultados de los capítulos anteriores, en donde fueron mencionadas las medidas aplicadas a cada edificación en análisis. En este capítulo se describe la clara perspectiva de ahorro energético y económico comparando los modelos base y el modelo de ahorro para el edificio de Administración Académica de la FIA de una forma más detallada y para los restantes edificios de manera menos explícita pero de forma clara.

El capítulo 5 presenta el análisis económico, donde se determinará la eficacia de las técnicas consideradas que permiten obtener un mejor rendimiento de la operación de los edificios. Se espera que la aplicación de las recomendaciones incluidas en este documento genere soluciones arquitectónicas y constructivas con mejores condiciones de habitabilidad, menores consumos de energía e impacto al medioambiente, permitiendo menores costos de mantención de las infraestructuras.

La eficiencia energética en la edificación se plantea como una necesidad, contribuyendo a disminuir los graves problemas de la energía y el medio ambiente, a la vez que una estrategia para solucionar el problema de la escasez de fondos públicos. Es importante señalar que el gasto en energía es un gasto necesario. Es correcto pagar por energía. Lo incorrecto es pagar más de lo que se consume y más de lo que es necesario consumir.

VI. Objetivos

VI.1. Objetivo General

- ✓ Estudiar y aplicar las técnicas de administración de energía junto con herramientas efectivas para establecer modelos de operación real (modelo línea base), y crear un plan de acción de mejora en la eficiencia energética en las instalaciones propuestas de esta institución.

VI.2. Objetivos Específicos

- ✓ Implementar metodologías disponibles que evalúen la eficiencia energética en edificios del sector público.
- ✓ Aplicar las herramientas informáticas de análisis térmico y eléctrico, para evaluar los comportamientos térmicos y energéticos de las distintas condiciones en la que operan los inmuebles.
- ✓ Explorar y aplicar normas disponibles internacionales que disponga de métodos y condiciones eficientes para la modelación y evaluación operativa de las edificaciones.
- ✓ Proveer un plan de acción que puedan aprovechar las oportunidades de ahorro y mejorar las operaciones de los inmuebles en cuanto al uso de los rubros energéticos que integren.

VII. Alcances

Dentro del marco mundial encaminado al establecimiento de medidas y prácticas eficientes de consumo y ahorro energético, en El Salvador también se hacen estudios y medidas respecto de este campo. Dentro de este marco la Universidad de El Salvador, específicamente desde la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, también hace lo respectivo en el estudio del aprovechamiento de los recursos energéticos que se hacen en los edificios, tanto en los diseños eléctricos como el manejo de la electricidad de las personas que utilizan estos edificios.

El presente trabajo tiene como propósito hacer un estudio de consumo y aprovechamiento de los recursos energéticos de los edificios incluidos en las dos facturas de electricidad que afectan a la FIA, para luego proponer un proyecto de mejora de la eficiencia energética (electricidad y combustibles) de este grupo de edificios seleccionados, basado en normas internacionales como en los planes y estudios que se llevan a cabo en el país, principalmente desde el Gobierno Central de El Salvador.

VIII. Definiciones, Abreviaturas y Acrónimos

VIII.1. Definiciones

ASHRAE: Sociedad Americana de Ingeniería para Aire Acondicionamiento, Calefacción y Refrigeración, ASHRAE. Se organiza la Sociedad con el propósito de buscar avances en las ciencias y artes de la calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración, para el beneficio del público a través de la investigación, escritura de las normas, educación continua y publicaciones.

Aislación térmica: impedir en alguna medida la transferencia de calor desde o hacia el cuerpo aislado. Los materiales de aislación térmica aprovechan en general el hecho de que el aire es un excelente aislante. Por esta razón, la gran mayoría de los materiales usados como aislantes son porosos, manteniendo el aire atrapado en su interior.

Auditoría Energética: es una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía en un edificio, proceso o sistema con el objetivo de comprender la energía dinámica del sistema bajo estudio. Normalmente una auditoría energética se lleva a cabo para buscar oportunidades para reducir la cantidad de energía de entrada en el sistema sin afectar negativamente la salida.

Calor: La cantidad de energía térmica que un cuerpo pierde o gana en contacto con otro a diferente temperatura recibe el nombre de calor. El calor constituye, por tanto, una medida de la energía térmica puesta en juego en los fenómenos caloríficos.

Cámara Aislante: Espacio considerado como adiabático para ayudar a reducir la transferencia de calor de áreas de altas temperaturas a áreas de bajas temperaturas.

Carga Térmica: También nombrada como carga de enfriamiento, es la cantidad de energía que se requiere vencer en un área para mantener determinadas condiciones de temperatura y humedad para una aplicación específica (ej. Confort humano).

Cargas Internas: Son consideradas como ganancias de calor desde la iluminación, equipo eléctrico y personas.

Climatización: consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los espacios habitados.

Coefficiente de desempeño (COP): Se calcula como la relación de la capacidad de enfriamiento en Watts entre la potencia eléctrica de entrada ó consumida en Watts y es igual a $EER/3.412$ ó $EER \times 0.2931$.

Confort Térmico: Es la condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico. Es decir, el bienestar térmico del hombre en la situación bajo la cual este expresa satisfacción con el medio ambiente que lo rodea, tomando en cuenta no solamente la

temperatura y la humedad propiamente dichas, sino también el movimiento del aire y la temperatura radiante.

Cortasol: Estructura saliente en la fachada de un edificio con la finalidad de bloquear la incidencia de los rayos solares.

EER (Relación de Eficiencia Energética): la relación de la capacidad de enfriamiento de la red en Btu/h con la potencia eléctrica de entrada o consumida en watts bajo condiciones de operación de diseño.

Eficiencia: funcionamiento en las condiciones nominales especificadas en los datos de placa.

Eficiencia energética: es la capacidad para usar menos energía para producir la misma cantidad de iluminación, calor, transporte y otros servicios energéticos.

Energía renovable: es la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Iluminancia (E): es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie por unidad de área. Se mide en [Lux], de manera que [1Lux = 1 Lumen/m²].

Luminaria: aparato destinado a contener las lámparas y equipos auxiliares, protegido de los agentes exteriores, conseguir un adecuado funcionamiento de los mismos, una distribución luminosa que permita un buen rendimiento luminoso para el nivel de iluminación requerido, así como una buena uniformidad de iluminación. También llamada linterna.

Sistema Fotovoltaico: Sistema de paneles fotovoltaicos conectados entre sí que funciona como unidad para producir energía.

Tragaluz: es una ventana situada en el techo o la parte superior de una pared utilizada para proporcionar luz a una habitación.

Tragaluz tubular: por lo general de aluminio, que permite dar luz natural a aquellas habitaciones que no pueden iluminarse mediante ventanas convencionales al exterior.

Ventilación natural: es la acción mediante la adecuada ubicación de superficies, pasos o conductos aprovechando las depresiones o sobrepresiones creadas en el edificio por el viento, humedad, sol, convección térmica del aire o cualquier otro fenómeno sin que sea necesario aportar energía al sistema en forma de trabajo mecánico.

VIII.2. Abreviaturas y Acrónimos

AA: Aire Acondicionado

AEI: International Energy Agency (Agencia Internacional de Energía)

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (Sociedad Americana de Ingeniería para Aire Acondicionamiento, Calefacción y Refrigeración)

BTU: British thermal unit (Unidad Térmica Británica)

BTU/h: British thermal unit per hour (Unidad Térmica Británica por hora)

CFM: cubic feet per minute (Pie Cúbicos por Minuto)

CNE: Consejo Nacional de Energía

COP: Coefficient of performance (Coeficiente de desempeño)

EE: Eficiencia Energética

EER: Energy Efficiency Ratio (Relación de Eficiencia Energética)

HP: Horsepower (Caballos de Fuerza)

HVAC: Heating, Ventilating, and Air Conditioning (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado)

Hz: Hertz

kW: kilowatt

kWh: kilowatt-hora

kWh/m²: Kilowatts-hora por metro cuadrado

kWh/persona: Kilowatts-hora por persona

m: Metros

SHGC: Solar Heat Gains Coefficient (Coeficiente de Ganancia de Calor Solar)

SIGET: Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones

W: watt

US\$-kWh/persona: Costo kilowatts-hora por persona

1. Referencia Teórica.

1.1. ¿Qué es Eficiencia Energética (EE)?

Muchos autores de libros, revistas, páginas web, etc., que publican la manera de mejorar el consumo de energía en viviendas, industrias, edificios en general, adoptan o elaboran el concepto de Eficiencia Energética (en adelante EE), que siendo muy distinto en su forma literal presenta en común la idea que tiende a transmitir en establecer estrategias de reducción de consumo energético, algunos conceptos que se extrajeron de publicaciones se presentan a continuación:

“La Eficiencia Energética se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir nuestro confort y calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso...”

*Donotakio Udala
Ayuntamiento de San Sebastián, España*

“La eficiencia energética (EE) es una herramienta que ayuda a reducir el consumo energético de los sistemas eléctricos y térmicos, y a su vez busca optimizar el desempeño de los mismos, evaluando sus parámetros de funcionamiento, sus consumos energéticos, la variación de la carga durante el periodo de trabajo, sus rendimientos, entre otros parámetros específicos de cada equipo.”

*Manual Eficiencia Energética para mypes
Unidad de Capacitación y Asistencia Técnica en Eficiencia Energética
Centro de Producción más limpia de El Salvador*

“La eficiencia energética es el uso de la tecnología que requiere menos energía para realizar la misma función. Una bombilla fluorescente compacta que utiliza menos energía que una bombilla incandescente para producir la misma cantidad de luz es un ejemplo de eficiencia energética. Sin embargo, la decisión de sustituir una bombilla incandescente con una fluorescente compacta es un acto de conservación de la energía.”

*EIA — U.S. Energy Information Administration.
Organismo de estadística y de análisis en el Departamento de Energía de los Estados Unidos.*

De cualquier forma que se tome el concepto de EE, el objetivo común es buscar la optimización de los recursos energéticos disponibles para minimizar el consumo de energía y los costos que esto acarrea en las viviendas u otras organizaciones que son consumidores directos de la energía, asegurando condiciones de confort, calidad laboral, calidad de vida, etc.

Hay que destacar que el término “energía”, no involucra solamente el uso de la electricidad, también debe de considerarse los equipos que trabajan a base de combustibles fósiles, el uso de estos combustibles es primordial en algunas áreas, pero la utilización de estos no solo genera consumo en términos monetarios, perjudicando la economía del país con la creación de dependencia energética, también participa en la contribución de contaminantes del medio ambiente, así que, aquellas empresas u organizaciones de los sectores productivos del país, que administren de buena forma estos dos tipos de energía, tendrá mejores beneficios no solo en su estructura funcional interna sino que también tendrán influencia en factores externos como el medio ambiente.²

1.2. Importancia de la Eficiencia Energética

El modelo energético actual está decayendo considerablemente, expertos consideran que la utilización de los combustibles fósiles está disminuyendo en cuanto a la generación de energía, la Agencia Internacional de Energía o AIE (en inglés International Energy Agency o IEA) estima que el petróleo podría agotarse para el año 2030. El cambio de modelo energético es una necesidad, una opción irrenunciable que ha de dirigirse hacia la diversificación de las fuentes de energía, con un mayor aprovechamiento de las energías renovables y la eficiencia y el ahorro energético.

La disponibilidad energética de las fuentes de energía renovable es mayor que las fuentes de energía convencionales, sin embargo su utilización es escasa. Actualmente en nuestro país, la demanda energética está creciendo día con día, a causa del crecimiento

² El efecto rebote es aquel por el cual, ante una mejora en la eficiencia energética, el consumo energético global no disminuye proporcionalmente a esta mejora, al contrario de lo que cabría esperar, sino que incluso podría aumentar. Fuente: Soitu.es medio ambiente, www.soitu.es/soitu/2008/11/30/medioambiente/1228039043_283830.html.

demográfico y del desarrollo económico³, el gráfico 1 muestra la evolución de la capacidad instalada de la generación de energía eléctrica según el crecimiento de la demanda de energía eléctrica hasta el año 2010, puede notarse como la generación termoeléctrica es predominante antes los otros tipos de generación, aunque del año 2009 al 2010 se puede ver una disminución en la generación térmica.

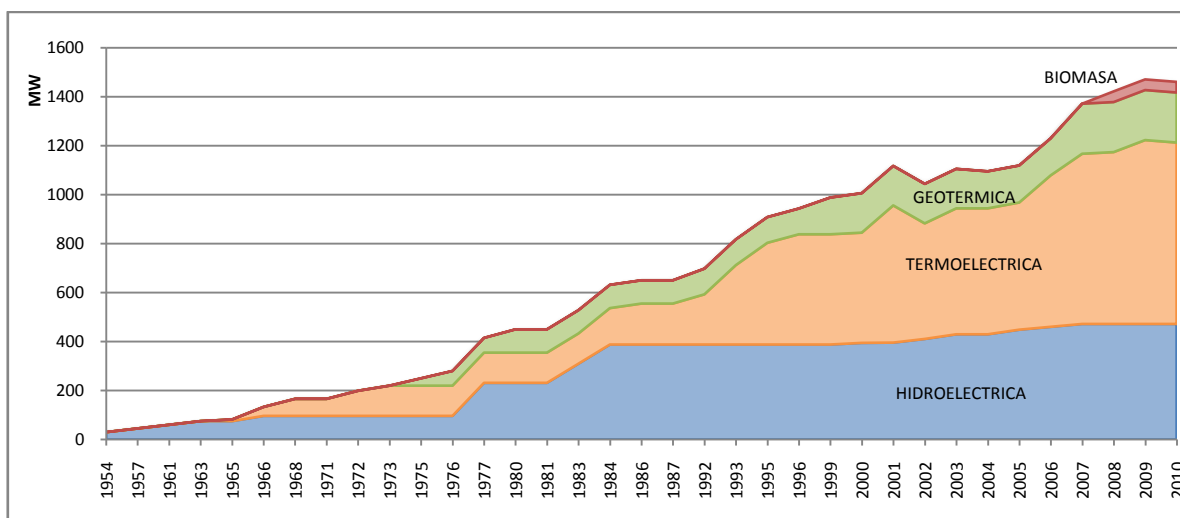


Gráfico 1. Evolución de capacidad instalada en El Salvador a través de los años por tipos de recurso.
Fuente: Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones – SIGET.

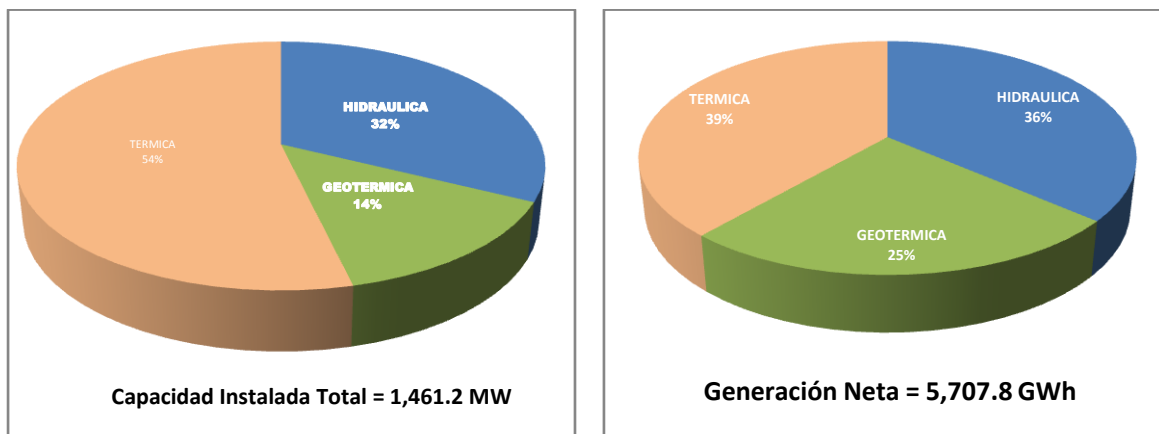


Gráfico 2. Porcentajes de la capacidad instalada y la generación neta según la forma de generación de electricidad. Fuente: Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones - SIGET.

³ DIGESTYC en el censo del 2007, estima que el crecimiento será gradual. En 2010, los habitantes salvadoreños llegarían a 6.2 millones; en 2015 serán 6.4 millones; y, finalmente, en 2020 de 6.6 millones.

Según el gráfico 2, la mayor generación de energía eléctrica en El Salvador es por medio de uso de combustible fósil, es decir, centrales térmicas que utilizan combustible fósil (carbón, petróleo o gas) para generar energía eléctrica⁴.

La generación y uso de la energía eléctrica por medio de combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón) o la utilización directa de estos combustibles en diferentes sectores económicos (industria, transporte, etc.) también conllevan otro problema de vital importancia y no es más que la contaminación atmosférica, a través de la contaminación del aire. El Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) define la contaminación del aire como:

“... contaminante aéreo, el cual se define como cualquier sustancia en el aire que podría, en altas concentraciones, dañar al hombre, animales, vegetación o materiales.”⁵

También extrajeron de la misma fuente bibliográfica el siguiente término:

“... emisión, el cual consiste en la descarga de contaminación a la atmósfera a partir de chimeneas industriales, superficies de comercio o industriales, de chimeneas residenciales, vehículos de motor, locomotoras o aeronaves.”

Esto nos indica la importancia de la atmósfera; es esencial para la vida por lo que sus alteraciones tienen una gran repercusión en el hombre y otros seres vivos y, en general, en todo el planeta. La emisión de ciertas sustancias a la atmósfera produce contaminación del tipo *efecto invernadero, efecto o cambio climático, daño en la capa de ozono, etc.* Los principales contaminantes causantes de generar estas alteraciones en la atmósfera son *bióxido de carbono, metano, vapor de agua, ozono, óxido de nitrógeno, óxido de azufre y otras partículas que se acumulan en el aire.*

La gráfica 3 presenta la evolución de emisiones de dióxido de carbono producto de la utilización de combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón) en El Salvador desde

⁴ La publicación en los boletines de la SIGET establece que para el año 2009 la generación térmica neta fue de 47%, 8% más que la presentada para el año 2010.

⁵ Término extraído de Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), a través del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN).

1980 a 2009. A partir del 2008 se crea una disminución de emisiones continuando hasta 2009, sin embargo no se puede estimar si este escenario continuará con este perfil de disminución.

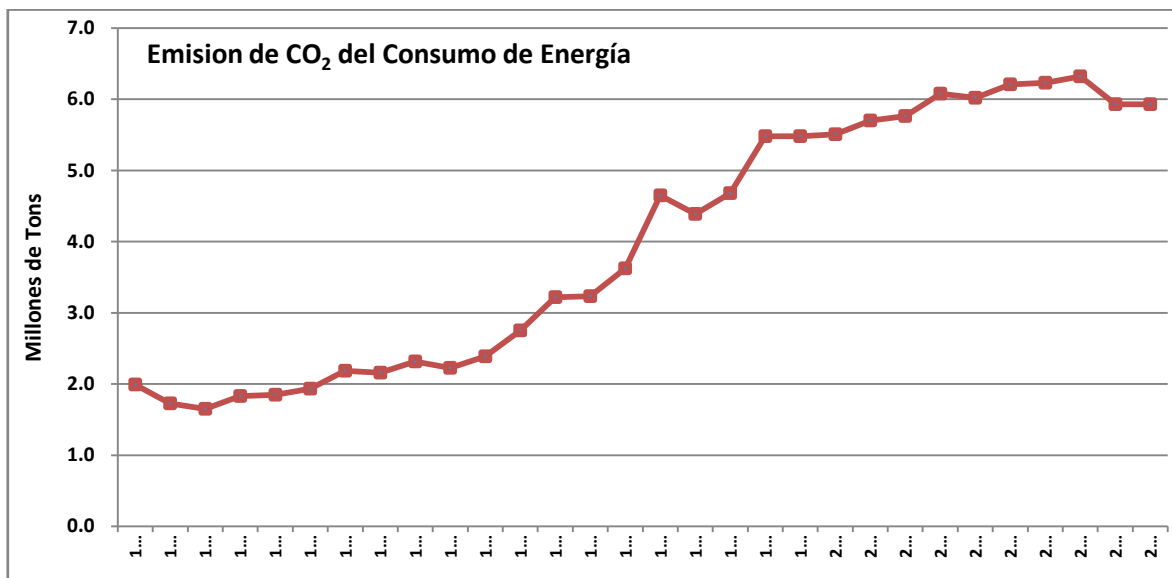


Gráfico 3. Evolución de la emisión de CO₂ derivado del consumo de energía a base de combustible fósil.
Fuente: Energy Information Administration - EIA - Official Energy Statistics from the U.S. Government.

El desarrollo de la tecnología, el incremento de la exigencia social y los costos más bajos de instalación y rápida amortización, están impulsando un mayor uso de las fuentes de energía de origen renovable en los últimos años. En este modelo de desarrollo sostenible, las energías de origen renovable, son consideradas como fuentes de energía inagotables, y con la peculiaridad de ser energías limpias, con las siguientes características: suponen un nulo o escaso impacto ambiental, su utilización no tiene riesgos potenciales añadidos, indirectamente suponen un enriquecimiento de los recursos naturales y son una alternativa a las fuentes de energía convencionales, pudiendo sustituirlas paulatinamente.

A través de la EE y la entrada de un nuevo modelo energético, disminuirémos los gastos pero manteniendo los mismos servicios energéticos y sin que por ello se vea afectada nuestra calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso. Por tanto, la EE se constituye como una prioridad de política energética por su contribución a afrontar los retos de la seguridad

energética, el cambio climático y la mejora de la competitividad de la economía a nivel nacional.

Los beneficios que trae consigo la práctica de la EE en la totalidad de una nación, son los siguientes:

- Aumenta la eficiencia productiva de las empresas. Promueve el desarrollo económico con la generación de empleo y uso de tecnologías eficientes para empresas en los distintos sectores de producción.
- La tecnología de eficiencia energética promueve el desarrollo industrial al mejorar su competitividad. La utilización de nuevos sistemas de generación de energía sostenible y equipos eficientes para sectores industriales pueden mejorar la productividad y la economía de empresas que ejercen la EE, el transporte y otros sectores para el desarrollo económico deben de unirse para habituarse hacia el nuevo modelo energético.
- Reduce impactos negativos ambientales. Se mitiga las emisiones de gases de efecto invernadero hacia el aire, mejorando la calidad de aire.
- Tras el uso de energía renovables y el fomento de la EE, minimiza la dependencia de utilización de combustible fósil para los diferentes sectores de desarrollo económico y tecnológico. También disminuye los riesgos de racionamientos de energía eléctrica por la independencia de los usuarios de consumo directo de energía conectados a la red.

A nivel de empresa, los beneficios al ejercer la EE son:

- Reducción de costos debido al consumo energético.
- Ahorros importantes en las inversiones relativas a la energía, ya que la eficiencia es menos costosa que los suministros nuevos.
- Liberación de fondos para otros fines, tales como inversiones en infraestructura.
- Mejoras en la fiabilidad de los sistemas y seguridad energética.
- Aumento del acceso a los servicios energéticos.
- Mejoras en la calidad del entorno local.

- Efectos positivos para el empleo, mediante la creación de nuevas oportunidades para empresas y mediante los efectos multiplicadores de emplear en otras funciones el dinero que se ahorró en la energía.

La importancia de mantener una EE radica tanto en las personas y las organizaciones que son consumidores directos de la energía; quienes pueden desear ahorrar energía para reducir costos energéticos y promover sostenibilidad económica, política y ambiental. Los usuarios industriales y comerciales pueden desear aumentar eficacia y maximizar así su beneficio ya que las preocupaciones actuales están en el ahorro de energía y el efecto medioambiental de la generación de energía eléctrica.

Debe de apostarse a otras alternativas viables de generación de energía como las energías renovables. El uso de energías renovables –sol, viento y agua- enlazados al ahorro y la EE, son alternativas viables y sostenibles que pueden frenar el cambio climático y hacer frente al crecimiento de la demanda energética del país. Respecto a las fósiles, las energías renovables tienen indudables ventajas. No contaminan, disminuyen la dependencia energética del exterior, generan más empleo y el hecho de que su producción esté cerca de los centros de consumo evita las grandes infraestructuras dedicadas al transporte de energía.

1.3. Eficiencia Energética en Edificios

Ya se estableció el concepto de la EE en secciones anteriores, también se mencionó la importancia de ésta y los resultados que produce al efectuar una eficiencia energética pobre o en algunos casos la no práctica de la misma, cuyo mayor impacto está dirigido al medio ambiente. En esta sección se explicarán factores que influyen en la operación energética de las edificaciones desde la etapa de diseño de la infraestructura hasta la operación y/o factores de aquellos edificios ya existentes.

Para que las edificaciones trabajen eficientemente, debemos de entender cómo funciona un edificio, para ello, se deben de comprender aquellos componentes que contengan las condiciones mínimas de EE a que se le atribuye al edificio desde el momento en que se diseña hasta la operación a la que será aplicado, entonces, el funcionamiento energético de un edificio se expresa en el siguiente párrafo:

"Un edificio es una MÁQUINA TÉRMICA a la cual se le aplica una ENERGÍA (en forma de energía térmica, eléctrica) mediante la transformación de la cual es capaz de realizar un TRABAJO (calefacción, refrigeración, iluminación, ascensores, etc.) y generando a la vez unos residuos"

*Dr. Florencio Manteca González,
Departamento de Arquitectura Bioclimática de CENER⁶*

Cualquier tipo de energía (entiéndase a la energía del tipo eléctrico y combustible) que ingresa al edificio, es utilizada de acuerdo a la aplicación que se requiera internamente en la infraestructura. Es decir, si se considera un edificio del tipo administrativo, la electricidad por ejemplo, se utiliza para la iluminación, para los equipos eléctricos de oficina, para los equipos de aire acondicionado, etc.; el combustible se utiliza para el transporte o planta de emergencia. En algunos países la energía proveniente del sol es aprovechada para la climatización e iluminación. La utilización de equipos eléctricos y la carga térmica de los usuarios incrementan la temperatura interna de la infraestructura, esto da partida a soluciones de climatizar la infraestructura, implementado los distintos tipos de tecnología que existen en la actualidad. Estas tecnologías suelen ser la utilización de elementos para la aislación térmica del edificio, instalación de equipos de aire acondicionado, utilización de los elementos naturales, etc.

Sin embargo, el empleo de la energía genera costos y residuos (ver figura 1), que sin una buena administración del manejo de estas, estos remanentes se elevan en gran medida que la repercusión cae sobre la base económica que sostiene el funcionamiento del edificio y sobre todo, de algunos residuos que repercuten en el medio ambiente.

Un edificio puede durar de 50 a 100 años o más. Por lo tanto, es sumamente rentable (y no muy caro) incorporar una tecnología energética eficiente desde el principio, aplicando las normas, reglamentos y tecnologías relativas a la EE. El valor a largo plazo de un edificio depende de 3 factores:

- a) la capacidad de satisfacer las necesidades de los usuarios;
- b) de condiciones medioambientales variables;

⁶ El Centro Nacional de Energías Renovables (CENER) es un centro tecnológico especializado en la investigación aplicada, el desarrollo y fomento de las energías renovables.

c) evolución de las expectativas sobre calidad del proyecto.

Por lo tanto, los edificios bien ventilados e iluminados, que tengan un consumo mínimo de energía y que resulten atractivos a los consumidores constituirán una inversión más sólida y duradera. Como consecuencia, la prolongación de la vida útil del edificio ya construido y la conservación de su valor como inversión a largo plazo van a depender de una serie de intervenciones de rehabilitación destinadas a mejorar la construcción en función de los factores enumerados.

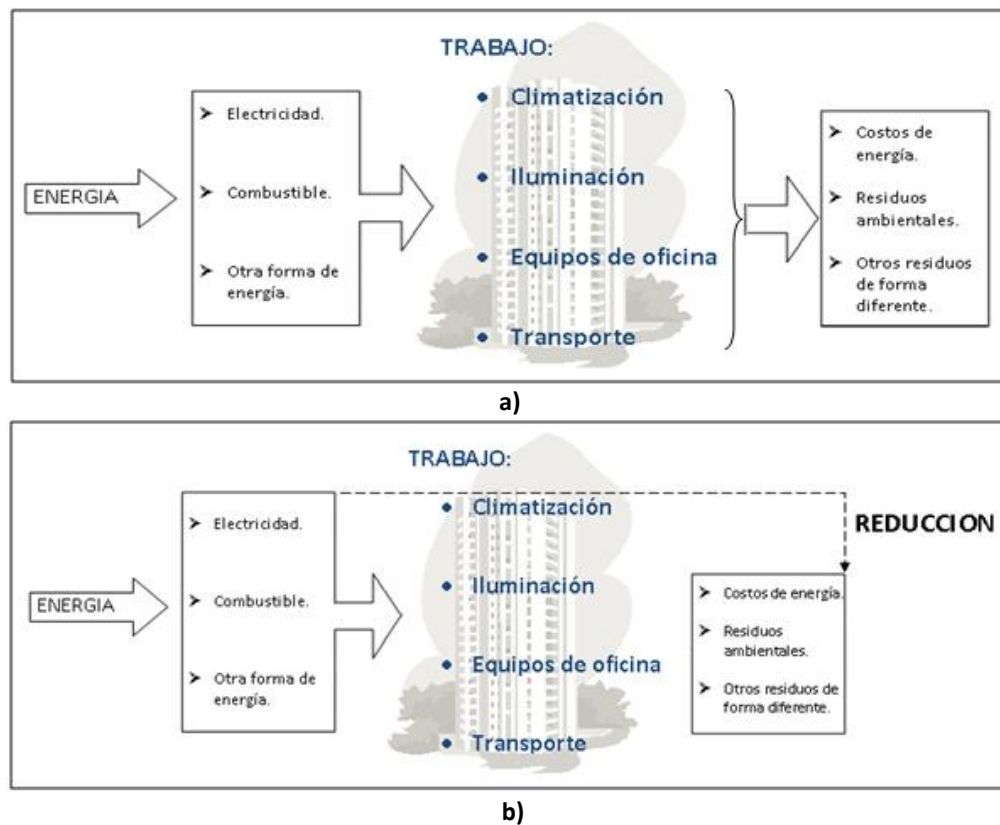


Figura 1. El uso de la EE puede reducir índices económicos, sociales y energéticos en las edificaciones. a) Representa la no aplicación de EE. b) Representa la práctica de EE mediante el cual se obtendría beneficios en cuanto a reducción.

1.4. Condiciones Generales de Diseño, Construcción y Climatización en Edificios

La EE debe de comenzar desde la realización de los planos arquitectónicos de la infraestructura, tal como se muestra en la figura 2. En este punto todo profesional en diseño arquitectónico debe de considerarse aspectos como:

- Trayectoria y proyecciones del sol.
- Orientación del edificio.
- La captación y protección solar sobre la envolvente.
- Consideración de aislación térmica de la envolvente.
- Adoptar las iniciativas de arquitectura bioclimáticas.
- Etc.

Una vez terminado el diseño arquitectónico se continúa con la parte de diseño eléctrico, en esta etapa, lo significativo a considerar en la EE es el diseño de iluminación. El profesional eléctrico (ingeniero, técnico, etc.) junto con profesionales en arquitectura, deben de concertar con la mejor iluminación considerando la luz natural. El ingeniero eléctrico debe de diseñar la iluminación correcta de acuerdo a la aplicación y/o utilización que será asignada a cada área del edificio, donde debe de considerar los equipos necesarios y eficientes, mientras que el arquitecto debe de evaluar condiciones de penetración de luz natural considerando los adecuados materiales de acristalamiento.

La siguiente etapa corresponde a los lineamientos de selección de materiales a utilizar en la obra civil, los profesionales en construcción (Ing. Civiles, maestros de obra, etc.), que también deben de coordinarse con los arquitectos y profesionales mecánicos, tienen que evaluar que materiales que deben utilizarse considerando las propiedades físicas de estos. Es decir, valorar los elementos como ladrillos, cemento, tipo de material de las ventanas y puertas, etc., estudiando sus propiedades como conductividad térmica y eléctrica, densidad del material, absorción térmica, solar y visible, etc.

Esto conlleva a evaluar tecnologías de aislamiento térmico de la envolvente del edificio, tanto para las paredes como para las ventanas interiores y exteriores, entre otras configuraciones sobre la estructura del edificio. Las figuras 3 y 4 muestran una tecnología para cada caso (pared y ventana), de entre numerosas tecnologías de aislación térmica que existen.

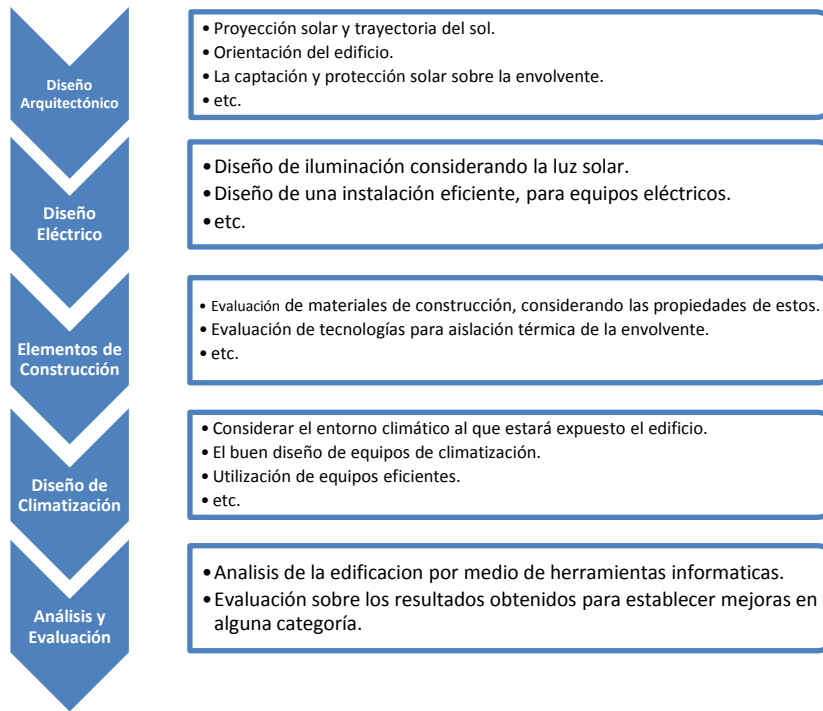


Figura 2. Proceso de análisis y evaluación de EE en diseño de edificaciones, también es válida para otro tipo de construcción.

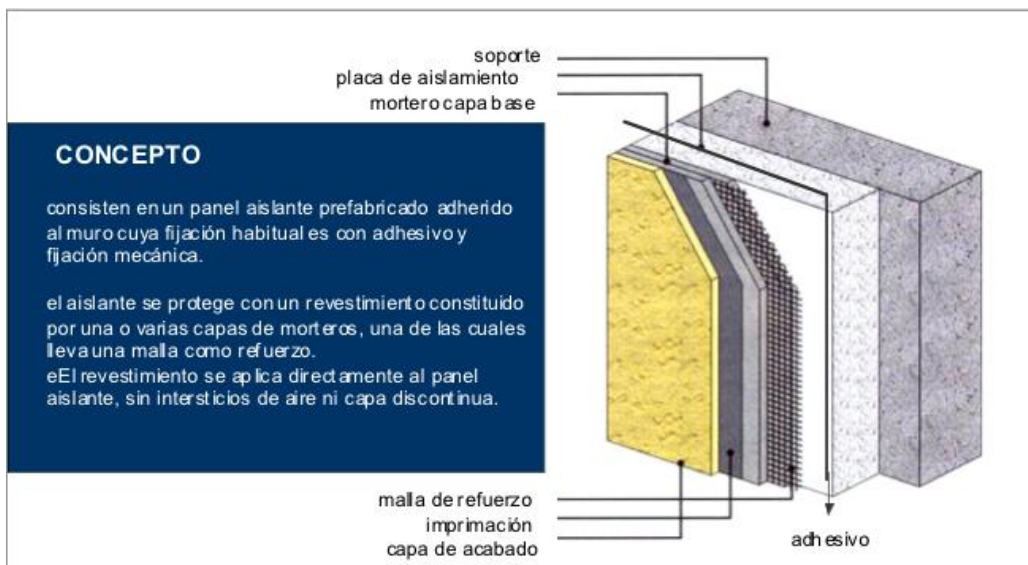


Figura 3. Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior (ETICS).

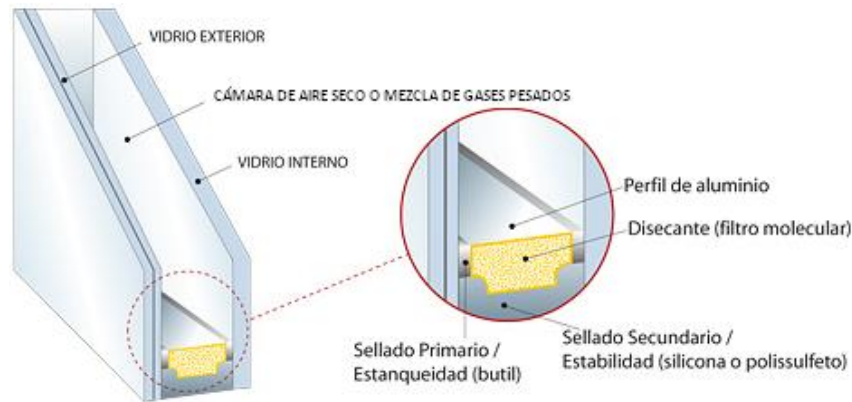


Figura 4. Sistema de Doble Vidriado Hermético (DVH).

Entre las ventajas que proporcionan estos sistemas son la de reducir ruido, controlan y regula el paso de la luz, protege tanto del frío como del calor regulando su entrada y/o pérdidas, reduce las emisiones contaminantes de CO₂, proporciona un importante ahorro económico en consumos de energía (calefacción y/o aire acondicionado).

Posteriormente sigue el diseño de equipos de aire acondicionado (en adelante AA) para climatizar las áreas que serán ocupadas en el edificio. Esta etapa es una de los más importantes dados los porcentajes significativos de consumo de energía que producen, los profesionales en instalación de equipos de AA, deben de considerar factores como:

- Ambiente externo de la infraestructura.
- Ocupantes del área a climatizar.
- Equipos eléctricos e inmuebles de oficina que estarán en el área.
- Ocupar equipos de AA que sean eficientemente energéticos.
- Emplear la infiltración y ventilación de aire.
- Etc.

El dimensionamiento de los equipos de climatización es una tarea meticulosa con respecto a todo los elementos que se deben de tomar en cuenta, muchas empresas dedicadas a la instalación de equipos de AA, generalmente no prestan atención a las metodologías de dimensionamiento de estos equipos, profesionales en estas áreas se dan a la tarea de usar métodos empíricos con la finalidad de conseguir el beneficio propio económico. Por ello se debe persuadir a las empresas y/o profesionales dedicados a la instalación de equipos de

climatización, que adopten las herramientas adecuadas para el buen dimensionamiento de estos equipos.

La última etapa constituye la evaluación y análisis del modelo arquitectónico del edificio (hasta este momento no se ha iniciado el proceso de construcción del proyecto), en este punto todos los profesionales deben de integrarse para evaluar el diseño del edificio mediante instrumentos informáticos de análisis energéticos. Los resultados del análisis determinarán el comportamiento energético del edificio, sin embargo estos resultados previo a la operación del edificio son parciales, es decir, puede ser que cuando el edificio entre a operar, no se tenga los resultados esperados de eficiencia energética, debido a muchas razones que puede variar dependiendo del responsable de la infraestructura. Esta incertidumbre, permite que los análisis de los diseños de pre-construcción sean más rigurosos creando un ciclo del proceso de diseño y evaluación de EE hasta obtener el mejor diseño del edificio valorando las diferentes opciones de tecnologías que permitan lograr una buena EE.

Por último se inicia la etapa de construcción, y una vez terminada esta fase, sigue la etapa de operación según la finalidad con la que se construyó el edificio, en el periodo de vida útil del edificio es donde se registrarán los verdaderos resultados de la práctica de la EE, sin embargo, dependerá de las exigencias de parte del responsable del edificio acatar las recomendaciones para la aplicación de EE.

Así que todo los profesionales involucrados en el proceso diseño y evaluación de EE que se mostró en la figura 2, tienen como objetivos integrar aspectos esenciales del uso eficiente de la energía que permiten a los usuarios de las edificaciones tener confort, calidad laboral, calidad productiva (económica y tecnológica) de la empresa, etc., para orientar a que se logre la máxima EE de los edificios. Algunas pautas que esta integración de profesionales deben de respetar para el diseño y construcción de edificios son:

- Diseñar el edificio de tal modo que consuma la menor energía posible durante su vida útil (diseño bioclimático, correcta ventilación e iluminación natural, facilidad de acceso, reducción de recorridos, fácil intercomunicación entre personas, etc.)

- Utilizar tecnologías de alta eficiencia energética, sobre todo para equipos de AA y de oficinas. Los edificios para uso hospitalarios deben de explotar condiciones energéticas en sus equipos médicos.
- Diseñar el edificio de tal modo que se utilice la menor energía posible durante su construcción, utilizando materiales que se hayan fabricado con el menor gasto energético posible; buscando la mayor eficacia durante el proceso constructivo; evitando al máximo el transporte de personal y de materiales; estableciendo estrategias de prefabricación e industrialización.

Bajo esta mirada es esencial comprender que el uso eficiente de la energía en los edificios es donde debe considerarse desde las primeras etapas de diseño. De este modo, es muy importante que el diseño arquitectónico busque acercarse lo más posible al confort de los usuarios, haciendo mínima la necesidad de gastar energía para alcanzar condiciones ambientales adecuadas para la actividad humana.

1.5. Auditorías Energéticas en Edificios Existentes

La realización de Auditorías Energéticas permite conocer en detalle los indicadores de mayor interés energético de los edificios y proponer actuaciones para mejorar la eficiencia de los equipos e instalaciones, y así obtener ahorros energéticos y económicos.

En la actualidad, existen edificios que han estado operando por varios años atrás, por ende no se puede aplicar el proceso descrito en la sección anterior (ver figura 2, página 28), ya que este solo constituye la etapa inicial de diseño, sin embargo, ciertos términos siguen siendo válidos para aplicarlos a estas infraestructuras existentes, por ejemplo la aislación térmica de la envolvente, instalación de elementos de protección solar, etc. y tras aplicar algunos cambios de hábitos energéticos se conduce a una administración eficiente de la energía.

Para iniciar un estudio de EE en estos edificios primero se debe de concebir una metodología que comprenda el funcionamiento de la infraestructura para luego aplicar

ciertas medidas de ahorro energético. Los siguientes pasos enumeran brevemente la metodología⁷ a seguir:

- Obtener información de la envolvente y operación actual del edificio.
- Analizar el comportamiento del edificio en cuanto a su consumo de energía.
- Establecer medidas de ahorro energético.
- Realizar la evaluación técnica y económica.

Debido a la clasificación existente de edificios, una metodología no puede ser aplicada a dos edificios que presenten diferente operación, por ejemplo, para un edificio del tipo administrativo se le aplica cierta metodología para un estudio energético, la cual no puede ser utilizada para realizar una auditoría energética a un edificio del tipo hospitalario; este último requiere de una metodología más estricta y rigurosa que abarquen las normas y reglamentos respectivos sobre el diseño y construcción de hospitales, y la adquisición de equipos médicos, sin mencionar otros factores.

Otros países están integrando en sus entidades superiores reglamentos, leyes, políticas, etc., que inserten e integren planes estratégicos, para la gestión del uso racional de la energía; es decir, instituciones, organizaciones, empresas, etc. tienen en proyecto la gestión de energía por medio de metodologías que están siendo impulsadas para ejercer la EE en los distintos tipos de edificios según su uso, así tenemos por ejemplo que el Estado de España, la cual por medio de **El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)**⁸ junto con el **Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el Ministerio de Vivienda de España** elaboró **El Real Decreto** donde establecen las mayores exigencias en EE, de las cuales se mencionan a continuación:

- Mayor rendimiento energético en los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos.
- Mejor aislamiento en los equipos y conducciones de los fluidos térmicos.

⁷ Véase la sección “Metodología General de Estudio de Eficiencia Energética” para una descripción más detallada de estos pasos, página 38.

⁸ **El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) de España**, establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización para conseguir un uso racional de la energía.

- Mejor regulación y control para mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados.
- Utilización de energías renovables disponibles, en especial energía solar y biomasa.
- Incorporación de subsistemas de recuperación de energía y aprovechamiento de energías residuales.
- Sistemas obligatorios de contabilización de consumos en el caso de instalaciones colectivas.
- Desaparición gradual de combustibles sólidos más contaminantes y desaparición gradual de equipos generadores menos eficientes.

Así que, la cooperación internacional debe ser un elemento complementario sin que se sustituya el compromiso propio del Estado y la sociedad, queda en manos de las entidades superiores de El Salvador acreditar normativas y exhortarlas al sector de interés (sobre todo al sector público), para que se ejerza al menos las condiciones mínimas de la EE (si es posible la práctica máxima de EE), no solamente en edificios existentes, sino también en edificios que están en fase de diseño.

1.6. Eficiencia Energética en Edificios Públicos

La optimización energética de los recursos en los edificios de propiedad pública debe desempeñar un papel ejemplar y ser una inspiración para todos los ciudadanos. La EE es una estrategia válida para solucionar el problema de la escasez de fondos públicos y puede contribuir a disminuir los graves problemas de la energía y el clima. En este sentido, el sector público debe predicar con el ejemplo en lo que se refiere a inversiones, mantenimiento y gestión energética de sus edificios, instalaciones y equipamiento.

El Gobierno Salvadoreño ha dado pasos esenciales sobre la creación de proyectos con el fin de determinar políticas energéticas que permitan la elaboración e inserción de estrategias para la administración de la energía en el sector público. Por ejemplo, el 30 de Agosto del 2007 la Asamblea Legislativa de El Salvador emitió el decreto legislativo N° 404, concerniente a la *Ley de Creación del Consejo Nacional de Energía* (CNE), cuya finalidad de este Consejo, *es el establecimiento de políticas estratégicas que promuevan el desarrollo eficiente del sector energético, garantizando a los ciudadanos la prestación de servicios*

esenciales a la comunidad, así como incentivar al buen uso y consumo racional de las fuentes energéticas.

Con el comienzo de este Consejo, y con el apoyo de algunas instituciones gubernamentales, como El Ministerio del Medio Ambiente (MARN), El Ministerio de Educación (MINED), El Ministerio de Economía (MINEC) entre otras, se crearon los Comités de Eficiencia Energética del Sector Público (COEES), con el propósito de **generar una cultura de uso racional y eficiente de los recursos energéticos a nivel del sector público**. Actualmente se ha impulsado el proyecto de Eficiencia Energética en Edificios Públicos (EEPB, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo de este proyecto es introducir la EE en los edificios públicos nuevos y existentes mediante la creación de un entorno normativo propicio en el aumento de concienciación de los usuarios, el desarrollo de criterios y estándares de desempeño y la implementación de un piloto de EE amplio en determinadas entidades públicas.

A pesar de los esfuerzos que está realizando el Estado, existen todavía barreras, tanto administrativas, como técnicas y, financieras, entre otras, en cuanto a la ausencia de profesionales en estudios energéticos y que generen densidad asociativa para fortalecer los comités y/o emprender varios comités destinados a una sólida implementación de EE dirigidas al sector público, la tabla 2 presenta algunas barreras para la puesta en ejecución de EE. Incluso, debido a que El Salvador carece de ciertas regulaciones sobre inventarios de edificios⁹, suele encontrarse barreras provenientes de la estructura interna de la empresa que impida ejercer la EE, tales como:

- No contener un registro de la totalidad de la edificación en cuanto a los materiales de construcción, equipos de oficinas, equipos de AA, tarifa de consumo eléctrico y combustible, etc.
- Falta de colaboración por parte de los usuarios para recolectar información sobre la utilidad de la edificación entorno a la iluminación, manejo de los equipos de AA, usos de los equipos de oficinas y otros, e inclusive la falta de información de algún plan de mantenimiento que se le otorga a estos bienes.

⁹ Entiéndase como inventario como aquella información útil (registro) para un adecuado y satisfactorio estudio de eficiencia energética.

- Falta de conocimiento de las tecnologías en equipos disponibles, tanto en equipos como en los elementos y procesos que se utiliza para las condiciones de aislación térmica.
- Altos costos de las tecnologías y los procesos escritos en el aparatado anterior, incluso se puede adjuntar los costos de la tecnología utilizada para el estudio, como cámaras termográficas, PC's portátiles, etc.

Las herramientas para el estudio de EE están al alcance, simplemente hace falta la participación de personal y exploración de este beneficio bajo normativas y políticas que fecunden la gestión energética. Los edificios públicos guardan un enorme potencial de ahorro de energía, que hasta hace poco en El Salvador se exploró lo beneficioso que sería la explotación de esta utilidad.

A pesar de las barreras existentes sobre una sólida implementación de la EE, algunas instituciones y empresas como Ministerio de Economía, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Defensoría del Consumidor, DIGESTYC, CRINA, FOREMOST, ENDISA, HOTEL SIESTA, MOBILIA, Industrias LAFORD, Pastelería Florence, Exacto Communications, están haciendo el esfuerzo por concebir la gestión energética con estudios ligados a instituciones públicas (sobre todo en hospitales públicos) en forma de proyectos pilotos para que otras instituciones y/o empresas públicas hagan replicas de estos planes al observar los resultados posteriores de estos estudios¹⁰.

¹⁰ Extraído de las publicaciones hechas por el Consejo Nacional de Energía CNE. www.cne.gov.sv

BARRERAS ADMINISTRATIVAS.	<ul style="list-style-type: none"> • Problema de la inversión inicial. • Ausencia de una plataforma de política. • Falta de normalización y etiquetados de equipos. • Limitada institucionalidad del sector eléctrico hacia el uso final de la energía. • Falta de incentivos fiscales.
BARRERAS TÉCNICAS.	<ul style="list-style-type: none"> • Poco conocimiento de tecnologías eficientes y buenas prácticas asociadas a EE. • Poca confiabilidad hacia los especialistas en EE. • Altos costos de transacción en las MIPYMES. • Ausencia de programas de capacitación de EE. • La falta de normas y códigos de eficiencia energética para el diseño y construcción de edificios. • Deficiencias en la currícula de las carreras relacionadas directamente con la construcción (principalmente Ingeniería Civil y arquitectura). • Desconocimiento de herramientas de simulación ad-hoc por parte de los profesionales de las ingenierías y de arquitectura.
BARRERAS FINANCIERAS.	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de experiencia de la banca comercial en estructuración financiera de inversiones en EE. • Normativa bancaria poco favorable a las inversiones nuevas en equipos eficientes. • Mayores costos iniciales con respecto a las tecnologías convencionales. • Limitada oferta y demanda de equipos y servicios.

Tabla 1. Diferentes tipos de barrera para la puesta en ejecución de EE.

1.7. Metodología Básica para Auditoría Energética

Las auditorías son un proceso sistemático mediante el que se obtiene un conocimiento suficientemente fiable del consumo energético de la empresa para detectar los factores que afectan a dicho consumo e identificar y evaluar las distintas oportunidades de ahorro en función de su rentabilidad. El diagrama de flujo de bloque de la figura 5 muestra las etapas

típicas de la metodología en las que se desarrolla una auditoría energética que a continuación se describen:

- Paso 1. Pre-auditoría o Pre-diagnóstico.** Se realiza una primera vista a la instalación como toma de contacto, recabando información sobre los equipos, métodos de trabajo, protocolos de actuación, datos de tarificación y consumos energéticos (eléctricos, combustibles fósiles, energías alternativas). El objetivo de esta etapa es detectar los puntos críticos en cuanto a consumos, malas prácticas, etc. y poder establecer un plan de acción en cuanto a los períodos y puntos de toma de datos, medidas “in situ” y entrevistas con el personal.
- Paso 2. Toma de datos.** Los períodos de toma de datos varían notablemente dependiendo del tipo de empresa, oscilando desde días hasta meses en función del número de equipos a auditar, tipos de instalaciones, dimensiones, etc. En cualquier caso, deben ser suficientes para que los datos sean representativos. Es importante durante esta etapa contar con la colaboración del personal de la empresa, especialmente con el encargado de mantenimiento y el jefe de planta.
- Paso 3. Diagnóstico.** El estudio de los datos anteriores permitirá identificar los puntos donde no se está consiguiendo un uso eficaz de la energía y establecer las medidas correctivas oportunas, como sustitución de equipos, nuevos protocolos de actuación, etc. Además de la viabilidad técnica, debe analizarse la viabilidad económica, determinando inversiones, beneficios, costes y períodos de recuperación.
- Paso 4. Implantación y seguimiento.** Una vez adoptadas las medidas propuestas, debe realizarse un seguimiento para comprobar que se están ejecutando correctamente y confirmar las mejoras y los ahorros consiguientes.

A pesar de la consistencia de la metodología de estudio energético representada por el diagrama de bloques de la figura 5, no se muestran ciertos procesos que son determinantes a la hora de implementarla en casos reales de edificios diversos según su operación, a causa de esta diversificación de edificaciones es necesaria la confección de una metodología más precisa para su ejecución en la que se deben integrar elementos esenciales que apoyan el

estudio, por lo que, en la sección siguiente se desglosa este tipo de metodología para que pueda ser aplicada en los diversos edificios según su utilidad para la que se construyó.

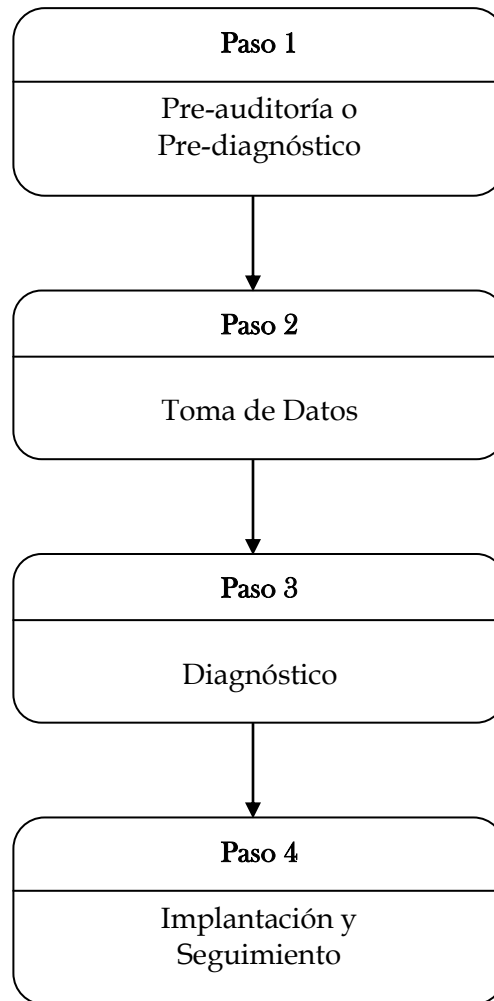


Figura 5. Diagrama de bloque que representa la metodología básica de estudio de EE. Estas etapas son típicas para cualquier metodología.

Para finalizar esta sección se debe de entender que las metodologías son bases fundamentales para realizar un estudio en el campo de EE en edificios. La buena aplicación de estas reflejará al final del análisis resultados satisfactorios y contundentes para aquellas instituciones que estén determinadas a que se le efectúe un estudio de mejora en la EE.

1.8. Metodología General de Estudio de Eficiencia Energética

En la sección anterior se mencionó sobre la incapacidad de ejecutar la metodología expuesta en los diversos edificios, en esta sección se expande a una metodología más detallada que involucra criterios más rigurosos para un estudio de EE.

Se sabe que en una ciudad existe diversidad de edificaciones que se le atribuyen diferentes usos (por no mencionar un país), tales como hospitales, centros de estudios, oficinas administrativas, etc., de allí surgen las diversas metodologías para los distintos tipos de edificio según la utilidad por la que se construyó. Entonces, dado que una metodología aplicable a hospitales (los hospitales son casos especiales de estudio de EE), esta no se puede aplicar a un edificio dedicado a oficinas o a otro tipo; los dos presentan usos distintos y equipo eléctrico diferente. No obstante, todas las metodologías disponibles para estudios de EE tienen características similares que pueden integrarse en una sola *metodología general*, es por ello que las etapas de la metodología básica (ver figura 5 de la sección anterior) no muestra pautas esenciales que pueden ser fundamentales a la hora de la aplicación. En la figura 6 tenemos un nuevo modelo de metodología para EE, se puede ver que este diagrama de bloques es más preciso en sus etapas, ya que desglosan elementos más expresivos.

1.8.1. Línea Base

La línea base es la especificación de las condiciones actuales o iniciales de los edificios ya construidos que se encuentran en operación. Ésta es importante porque es el punto de partida de la operación real del edificio en donde se observarán las oportunidades de ahorro energético y sobre los cuales se comparan los resultados de la aplicación de medidas de ahorro que lleguen a implementarse, las primeras tres etapas del diagrama de bloques presentados en la figura 6 comprende lo que es la Línea Base expuestas a continuación.

1.8.1.1. Identificación del Edificio

Aunque esta etapa es imprescindible para cualquier edificación, hay casos en los que empresas, instituciones, organizaciones, etc., tienen en operación varios edificios, como el caso de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura en la UES, en donde se analizan varios

inmuebles, cuya distribución eléctrica esta comandada por dos medidores eléctricos, por tal razón debe de auditarse las facturas eléctricas atribuidas a cada medidor (para este análisis se solicito las facturas eléctricas de el año 2007 al 2010) y luego elegir los edificios que influyen grandemente en la facturación de energía. Debido a esto se suele cambiar el sentido de la metodología, de ahí la colocación de la flecha en el diagrama de la figura 6. Así que, primero se debe de hacer un análisis de consumo de energía actual, auditando las facturas eléctricas desde un periodo significativo (3 años como mínimo establecido por la política energética del CNE), para luego identificar el o los edificios cuya operación demandan mayor consumo energético.

1.8.1.2. Solicitud de Información

En esta parte de la metodología se debe solicitar toda información crucial para un estudio de EE, una lista de esta información es la siguiente:

- ✓ Solicitar planos arquitectónicos de todas las vistas posibles del edificio, esta documentación debe incluir planos eléctricos, de distribución de equipos de climatización, etc.
- ✓ Solicitar recibos de facturas eléctricas y de combustible. Esta información sirve para tener una comprensión del comportamiento al que ha estado sujeto el edificio hasta su actual operación en función de energía y costos. Las facturas deben de solicitarse desde un período considerable de 3 años como mínimo.
- ✓ Obtener información de las características constructivas del edificio. Se debe de instar sobre los materiales utilizados en la construcción de la envolvente, el material utilizado en las ventanas y puertas, materiales utilizados internamente en el edificio (pisos, cielo falso, divisiones, etc.). También hacer una investigación de las propiedades físicas de los materiales (conductividad eléctrica, conductividad térmica, coeficiente de reflexión, etc.).
- ✓ Obtener información técnica de los equipos de oficinas (PC's, faxes, fotocopiadoras, etc.), incorporar a esta información las características funcionales y ocupacionales de estos equipos.

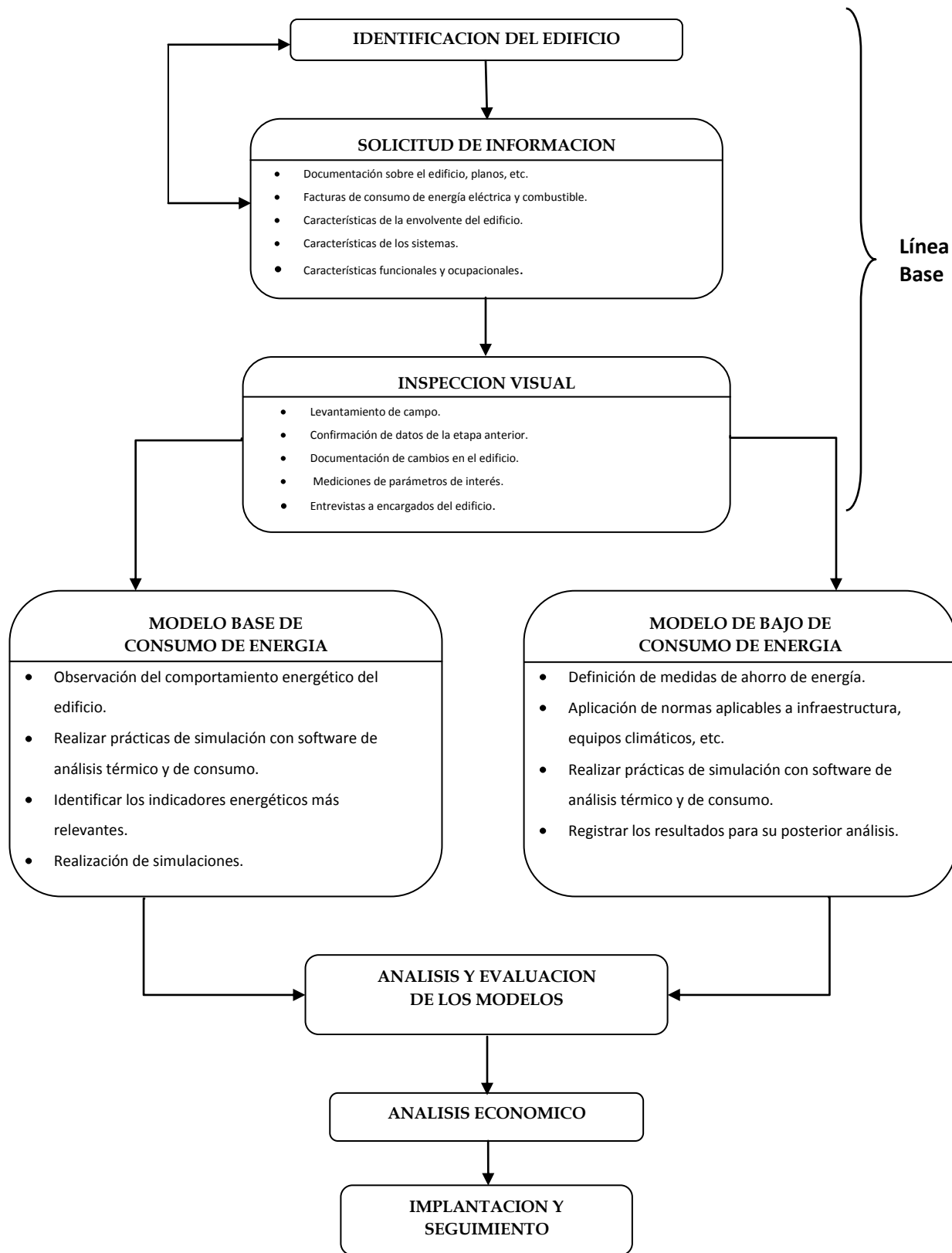


Figura 6. Diagrama de bloque que representa una metodología mas compuesta y detallado en comparación con la metodología expuesta en la sección anterior.

- ✓ Adquirir información de los equipos de climatización, esto es:
 - identificación el tipo de equipo de climatización, datos técnicos de unidades condensadores como unidades evaporadores, dimensiones de los ductos que sirven el aire a las áreas, etc.,
 - reporte del control de mantenimiento dado a los equipos de climatización,
 - si no se posee planos de distribución de equipos de climatización, solicitar las áreas climatizadas por cada equipo, incorporar la distribución de controles de temperatura,
 - reporte de características ocupacionales de los equipos de climatización, es decir, hora de encendido y apagado, temperaturas de termostato, etc.,
- ✓ Cantidad de personas que hacen uso de las instalaciones. Dado que un edificio contiene diferentes campos de trabajo, sería preciso hacer un conteo de las personas por cada área y mejor aún, si el conteo es por cada área climatizada.
- ✓ Si el estudio lo requiere, solicitar también un registro de datos meteorológicos a instituciones especializadas, de la región donde se encuentra el edificio.

Este cúmulo de información es vital para las siguientes etapas de la metodología, *por lo que la falta de alguna información de los ítems anteriores traerá inconvenientes en el proceso del estudio*, como contratiempos, resultados desfavorables, etc.

1.8.1.3. Inspección Visual

Después de obtener toda la solicitud requerida, la siguiente etapa es la de realizar una inspección visual al edificio, en esta etapa se deben recoger datos sobre mediciones de parámetros eléctricos y físicos de interés (eléctricos, temperatura, etc.), catear cambios en las instalaciones que no están registrados en los planos y la corroboración de la información adquirida en la etapa anterior, en síntesis, es un levantamiento de campo con la colaboración de los encargados de campo sobre todo de los encargados del mantenimiento o jefe de planta, la colaboración incluye entrevistas a estos sujetos.

Durante la visita al edificio se debe de apreciar las posibles deficiencias que dan hincapié a una operación ineficiente y que conlleva a una elevación del consumo energético. Estas deficiencias serán de gran valor a la hora de definir las medidas de ahorro energético.

1.8.2. Modelo Base de Consumo de Energía

De acuerdo a la información adquirida en las etapas anteriores, se crea un modelo base que interprete el comportamiento energético actual del edificio, para ello se realizan prácticas simuladas con software de análisis térmico y energético. Si es posible se aplicarán normas y técnicas atribuibles a aspectos técnicos como diseño del edificio, equipos de climatización, sistema eléctrico (sobre todo iluminación), etc.

Después de operar los resultados arrojados por las simulaciones se tendrá un perfil de consumo de energía donde se identificarán los indicadores energéticos que manifiesten anomalía, es decir aquellos indicadores que presenten un nivel de consumo no deseable.

A estos indicadores se les efectuarán los cambios necesarios de acuerdo a las medidas definidas de ahorro de energía y así crear un *modelo de bajo consumo de energía*, este modelo es explicado en la siguiente etapa. Los resultados de estas simulaciones se registran para su posterior análisis en la etapa *análisis y evaluación de los modelos*.

1.8.3. Modelo de Bajo Consumo de Energía

Este modelo incluye medidas de mejoramiento en la operación del edificio, con finalidad de aprovechar el ahorro energético y de mejorar la EE. Luego de identificar los indicadores energéticos a evaluar, provenientes del *modelo base de consumo de energía* y del juicio tomado en la inspección visual de aquellos elementos que requerirán cambios, se elabora una serie de acciones que deben de insertarse en el modelo creado en la etapa anterior. Estas acciones varían en los diferentes estudios y esto es porque los edificios presentan diferentes operaciones, algunas medidas que comúnmente se presentan en EE son:

- Remodelación constructiva de algunas zonas del edificio. Por ejemplo la instalación de cortasoles o persianas metálicas para disminuir la incidencia directa de los rayos solares. En esta práctica se necesitará de la colaboración de profesionales en arquitectura o profesionales civiles.
- Cambio y/o instalación de equipos climáticos eficientes. Debe de considerarse de cambios de aquellos equipos de climatización instalados actualmente a equipos más

eficientes, también realizar cálculos precisos para la capacidad de los equipos, aquí va a implicar que se utilicen normas sobre la climatización de áreas. La instalación de un control más eficiente que cense personal en el área mejoraría las condiciones de consumo.

- Utilización de tecnología de aislamiento térmico. Aparte de los cambios que se hagan en la fachada del edificio, no está de sobra de la utilización de tecnologías de aislamiento térmico en la envolvente. Algunas tecnologías de ejemplo pueden ser: aislamiento exterior de las paredes, ventana de doble vidrio hermético, etc.
- Crear un sistema de iluminación eficiente. Al incorporar reestructuración en la envolvente del edificio, que tenga como objetivo bloquear un porcentaje de la luz natural, se debe realizar un sistema de iluminación considerando la cantidad de luz natural que entra al área. También debe de instalarse un control de encendido y apagado, utilizando por ejemplo sensores.
- Cambio en actitud de ahorro de energía. Esto se logra colocando viñetas en sitios visibles para recordarle al usuario sobre la importancia de un ahorro de energía.

Una vez elegidas la lista de acciones para el edificio en estudio, se insertan en el modelo y se realiza prácticas simuladas con software de análisis térmico y energético, luego se registran los datos para el análisis considerado en la siguiente etapa.

En esta etapa debe de utilizarse las correspondientes normas para aquellas medidas que tengan cambios físicos en el edificio. Por ejemplo, si se requiere volver hacer un cálculo de luminarias considerando la luz natural se debe de utilizar normas que implique diseño de iluminación, normas de consideraciones de utilización de luz natural, normas de construcción de edificio, etc.

1.8.4. Análisis y Evaluación de los modelos

De los datos registrados que se obtuvieron a partir de las simulaciones hechas a los dos modelos, se comparan para determinar si se ha cumplido con la finalidad del ahorro energía, si los datos no son satisfactorios debe de verificar las etapas que le anteceden a esta para realizar nuevamente los cambios necesarios de manera que obtengan los resultados.

Para validar los resultados de las simulaciones, se buscó acercarse lo más posible a los datos reales obtenidos de las mediciones hechas en la etapa de “Inspección Visual” para los parámetros eléctricos y físicos de interés.

1.8.5. Análisis Económico

Una vez observados los datos y cumplir la finalidad esperada, se realiza un análisis económico para establecer la viabilidad de la mejora en la eficiencia energética. Dentro de este análisis económico se debe de estudiar lo siguiente:

- Coste de inversión
- Coste de explotación
- Tiempo de amortización
- Impacto ambiental

Al final el técnico evaluador debe de confirmar con reportes al encargado del edificio, sobre los beneficios de la práctica de EE en sus instalaciones, queda a criterios de los encargados seguir las recomendaciones dados por el técnico evaluador.

1.8.6. Implementación y Seguimiento

Ahora se debe de imponer las medidas definida de ahorro energético al edificio, cuyo seguimiento es establecido por el técnico en estudio de EE, él evalúa los cumplimientos de las medidas propuestas y corrobora que los resultados reales se asemejan a los resultados del análisis previo, desarrollando reportes continuamente del comportamiento energético del edificio, sobre todo de aquellos indicadores que se eligieron para un cambio.

Los encargados del edificio deben de velar por el cumplimiento de las medidas de ahorro de consumo, pero para ello se requiere de la creación de un comité energético y una política energética en el seno de las Autoridades de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

2. Implementación de la Metodología en Edificios de La Facultad de Ingeniería y Arquitectura de La Universidad de El Salvador

Anteriormente se mencionó de aquellos casos en que primero debe de solicitarse toda la información pertinente a la etapa “Solicitud de Información” antes de identificar las instalaciones a las que se aplicará un estudio de EE, y esto porque algunas empresas que estén dispuestas a realizarle tal estudio contienen en sus instalaciones más de un edificio, de los cuales no todos los edificios se pueden considerar críticos en cuanto al consumo energético, entonces a partir del análisis de esta facturas se eligen a que edificios se le realizará el estudio, recordando que es necesario la inspección (visual, comunicación, etc.) y si es posible mediciones eléctricas, de los cuales deben de calificar aquellos edificios críticos de consumo de energía.

El estudio en la FIA es un caso particular, contiene diversos edificios para usos distintos y la división del sistema eléctrico de este sector no está regido por un solo medidor sino que lo gobiernan dos medidores descrito en la tabla 3 y que afectan la FIA, así que inicialmente se insta a la primera etapa del diagrama de bloques que se describió anteriormente, ver sección “Metodología General de Estudio de EE” (pág. 39).

2.1. Solicitud de Información de los Edificios de la FIA

Es necesario que todas las instituciones, empresas, organización, etc., posean un inventario detallado y ordenado con la siguiente información:

- ✓ Registro de los materiales utilizados en la construcción del edificio, esto incluye: materiales de las paredes, material y tipo de ventana, puertas, pisos y techos, etc.
- ✓ Contener un registro de los equipos eléctricos de oficinas que hace uso el personal del edificio, en este registro debe de incluir tanto equipos salientes como entrantes.
- ✓ Es importante, pero carece, el conteo de personal que laboran en el edificio, así también es importante diferenciar cada área por actividad laboral y asignar el número de personas destinadas a esa área.

- ✓ Algo importante e imprescindible debido al método de diseño, es el inventario de los equipos de climatización, el software¹¹ utilizado en este trabajo requiere de una información estricta de estos equipos.

Se puede expresar que la carencia de esta información es debida a la falta de preocupación de ahorro energético en los edificios, pero también está ligado a una política energética pobre a nivel nacional (y también la no presencia de comités energéticos internos y externos) que no instan a los sectores empresariales por un ahorro energético. Sin embargo, a pesar de este déficit, no se pierde en preguntar si tal información está registrada y si se puede proporcionar para tal estudio.

Entonces, toda información que se solicitó para el estudio energético en las instalaciones de la FIA son los siguientes:

- Planos arquitectónicos de la FIA y de los edificios individuales; dentro de estos planos debe de incluir los planos de las diferentes plantas de los edificios, planos eléctricos, planos de distribución de equipos de climatización, etc., y
- Facturación de consumo eléctrico y de combustible del 2008 al 2010, para los dos medidores que afectan la FIA, cuya descripción se presentan en la tabla 2.

Tal como era de esperarse, alguna información solicitada a los encargados de los edificios, no la poseían por la falta de inventarios de los elementos descritos en la etapa de “Solicitud de Información” expuesta en la metodología de EE, por lo tanto se tuvo que recabar esta información en la etapa de “Inspección Visual”, cosa que será estudiada más adelante, por ahora se hará un análisis de facturación eléctrica y de combustible, hay que aclarar que no toda información se expondrá en este documento debido a la extensa paginas que abarcaría al escribirla.

¹¹ EnergyPlus es el software utilizado en este trabajo, está destinado a hacer un análisis térmico y eléctrico de cualquier instalación. En anexos se presenta una pequeña descripción de lo que es y cómo se utiliza.

2.1.1. Análisis de Facturación de Consumo de Energía para los Edificios de la FIA

En un estudio de EE no debe comprender solamente el enfoque de la utilización de la electricidad sino que también del consumo de combustible, debe entonces analizarse el consumo de estos dos servicios y así obtener una percepción de cómo es el comportamiento de las instalaciones regidas por los dos medidores descrito en la tabla 2 y tener un bosquejo de las medidas necesarias para el ahorro energético que serán plasmada con mas detalles en la etapa de “Modelo de bajo consumo de energía”.

El análisis de la facturación persigue dos objetivos, en primer lugar a partir del estudio tarifario la contratación óptima de los parámetros de energía eléctrica, lo que reporta en general sustanciales ahorros económicos.

En segundo término, el estudio estadístico de los consumos permite advertir anomalías, crecimientos excesivos, confeccionar índices comparativos, etc., que permiten adoptar medidas correctivas que derivan en ahorros energéticos y económicos.

2.1.1.1. Facturas de Consumo Eléctrico

Las facturas que acataremos en este trabajo van a corresponder a los medidores que se describen en la tabla 2 y con sus respectivas ubicaciones. Debe observarse que el medidor con numero 95203325, ubicado en la entrada de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura por el Complejo Deportivo UES, el cual contiene solo el edificio de la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, como uno de los edificios a estudiar, y que las demás instalaciones que están regidas por este medidor no son perteneciente al sector de la FIA. Por otra parte, el medidor con numero 95843499, ubicado frente a la Comunidad La Fosa contiene aproximadamente el 85% de las instalaciones de la FIA a estudiar, por lo tanto la organización de estas estructuras del tendido eléctrico no es inconveniente para el estudio de este trabajo y esto porque un estudio de EE evalúa el comportamiento de las instalaciones del edificio sin importar a que sistema de distribución eléctrico pertenece.

El período de adquisición de las facturas eléctricas va del año 2008 al año 2010, tiempo considerado necesario para tener una clara percepción del comportamiento energético que

posee el conjunto de edificios, recuérdese que como mínimo de solicitud de facturas debe de ser de por lo menos de 3 años.

No. Contrato	2500674	5050160
No. Medidor†	95843499 Complejo Deportivo UES	95203325 frente a Comunidad La Fosa
Tipo de medidor	GD2 – MT con Medición Horario CAESS	GD2 – MT con Medición Horario CAESS
Potencia Contratada	168.00 kw	99.00 kw
Dirección del Suministro	Av. Don Bosco Fte. Edif. Alas Tobar, aulas Facultad Ciencias Económicas FACTULDAD DE INGENIERIA-FTE COMUN LA FOSA	Av. Don Bosco Fte. Edif. Alas Tobar, aulas Facultad Ciencias Económicas COMPLEJO DEPORTIVO ENTRADA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
†Estos son los números de identificación actualmente de los medidores, a lo largo de estos tres años han sufrido deterioro por el cual se reemplazaron hasta llegar a tener estos números de identificación.		

Tabla 2. Medidores para las facturas de electricidad en estudio. Fuente: Facturas Eléctricas.

Una vez obtenido las facturas, las principales variables que se debe detectar en ellas son:

- Energía consumida (kWh)
- Demanda facturada (kW)
- Factor de potencia
- Días facturados
- Tarifas del período.

Cada dato de las variables mencionadas anteriormente se registran en una hoja de cálculo para luego graficarlos y observar el patrón de consumo de energía eléctrica. Primero se hará un análisis de consumo mensual (kWh - mes) para cada año y luego se analizara la consumo anual promedio (kWh - año) para todos los años.

2.1.1.2. Análisis de Facturación Eléctrica para el año 2008

La tabla 3 muestra los datos extraídos de las facturas del año 2008 para los dos medidores del Complejo Deportivo UES y frente a Comunidad La Fosa, con ID 95843499 y 95203325 respectivamente, mientras que el gráfico 4 representa los datos de Consumo Eléctrico Mensual y Costo de Electricidad del año en estudio. Obsérvese que para el medidor del Complejo Deportivo UES el mayor Consumo Eléctrico Mensual se obtuvo en el mes de Abril con 63,624.00 kWh cuyo Costo de Electricidad (incluyendo el costo de Potencia Facturada de 264.00 kW) es de \$7,872.68, pero si observamos con atención en la columna

que presenta el Costo de Electricidad, en el mes de Octubre se da el máximo costo que equivalente a \$9,518.12 para este medidor, sin embargo, en este mes el consumo eléctrico mensual es de 56,796.00 kWh con una demanda de 252.00 kW, esto quiere decir que el consumo eléctrico mensual del mes de Octubre disminuyo un 10.73% del mes de Abril, sin embargo costo de electricidad aumento un 20.90% entre estos dos meses y la potencia facturada disminuyo un 4.54%.

Medidor ID	95843499 (Complejo Deportivo UES)†				95203325 (Frente a Comunidad La Fosa)†			
MES	Consumo Eléctrico Mensual (kWh)	Potencia Facturada (kW)	Factor de Potencia	Costo Electricidad (US\$)	Consumo Eléctrico Mensual (kWh)	Potencia Facturada (kW)	Factor de Potencia	Costo Electricidad (US\$)
Enero	43,524.00	216.00	89.50	5,387.3900	28,820.00	143.00	91.40	3,515.1800
Febrero	53,040.00	264.00	90.80	6,598.4500	37,510.00	198.00	92.90	4,654.2400
Marzo	53,304.00	264.00	89.40	6,626.7000	36,740.00	154.00	92.30	4,408.3200
Abril	63,624.00	264.00	90.60	7,872.6800	44,330.00	154.00	93.00	5,287.6200
Mayo	27,252.00	252.00	90.00	3,869.3700	46,090.00	121.00	93.20	5,365.6500
Junio	44,185.00	255.16	90.08	5,702.1300	42,900.00	121.00	93.40	5,018.0200
Julio	46,596.00	192.00	93.20	5,731.2200	39,160.00	110.00	91.90	4,557.6100
Agosto	62,364.00	264.00	94.10	8,832.1400	38,830.00	154.00	92.90	5,409.6000
Septiembre	59,388.00	264.00	94.90	8,823.5500	41,470.00	198.00	93.60	6,155.4800
Octubre	56,796.00	252.00	94.60	9,518.1200	37,191.00	187.00	93.50	6,266.6300
Noviembre	59,336.00	251.94	92.90	8,791.9100	45,409.00	176.00	93.70	6,717.0700
Diciembre	35,596.00	231.00	87.10	6,384.4000	30,426.00	132.00	91.60	5,156.9000
TOTAL	605,005.00			84,138.0600	468,876.00			62,512.3200

Tabla 3. Datos mensuales de las facturas para los medidores citados correspondientes al año 2008.

Fuente: Facturas Eléctricas.

Sucede el mismo comportamiento con el medidor frente a Comunidad La Fosa, a excepción de que el mayor consumo eléctrico mensual se da en Mayo con 46,090.00 kWh, un costo de \$5,365.65 y una demanda de 121 kW, pero el mayor costo de electricidad se da en el mes de Noviembre con \$6,717.07 con un consumo eléctrico mensual de 45,409.00 kWh, estableciendo que hubo una disminución del 1.47% del consumo eléctrico mensual entre estos dos meses con un aumento del 45.45% en potencia facturada y del 25.18% de aumento en costo de electricidad.

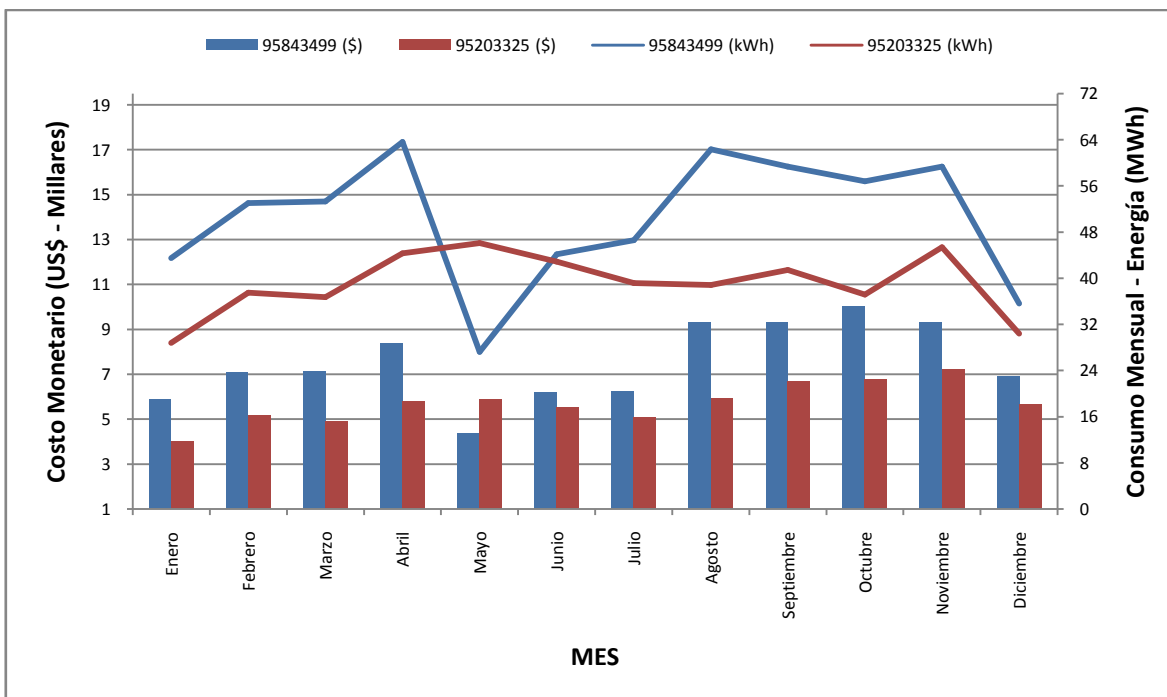


Gráfico 4. Perfiles de consumo mensual de energía y el costo de la energía en el 2008 para cada una de las facturas de los medidores en estudio. Fuente: Facturas Eléctricas.

Lo expuesto anteriormente puede radicar en dos factores que son:

- En la variación de los precios para el suministro eléctrico de los pliegos tarifarios según el año en estudio y autorizados por la SIGET¹², y
- En la variación del comportamiento de las instalaciones en torno al uso de la electricidad para cada mes del año en estudio.

El primer factor no se puede controlar dado que no se es partícipe de la estructura interna para la regulación de precios de suministro eléctrico, sin embargo, el segundo factor si es controlable aunque no en un cien por ciento y esto porque su mayor dependencia reside en la actitud de ahorro energético de los usuarios según a las actividades que están sujetas las instalaciones.

Lo mismo sucede en relación a otros meses, no obstante la importancia de esto es ¿porqué es que sucede tal comportamiento?, cosa que ya se establecieron dos causas pero que aún hay muchos otros factores que influyen en el consumo de la electricidad y por lo tanto

¹² En anexo D encontrara el pliego tarifario para cada año en estudio de este análisis.

también en el costo de este servicio, y ¿cómo se puede reducir estos cargos? Pregunta que será tomada en consideración cuando se ingrese a la etapa donde se toman las medidas para el ahorro energético.

2.1.1.3. Análisis de Facturación Eléctrica para el año 2009

En la tabla 4 se observan los datos de consumo eléctrico para el año 2009, aquí ocurre el mismo comportamiento que se obtuvo en el análisis de las facturas eléctricas del año anterior.

Medidor ID	95843499 (Complejo Deportivo UES)				95203325 (frente a Comunidad La Fosa)			
	Consumo Eléctrico Mensual (kWh)	Potencia Facturada (kW)	Factor de Potencia	Costo Electricidad (US\$)	Consumo Eléctrico Mensual (kWh)	Potencia Facturada (kW)	Factor de Potencia	Costo Electricidad (US\$)
Enero	24,684.00	220.00	80.40	4,006.8900	29,304.00	176.00	92.30	4,441.2600
Febrero	48,070.00	253.00	89.80	8,833.9400	35,530.00	154.00	92.70	6,324.2000
Marzo	63,030.00	297.00	92.20	11,479.8300	41,910.00	187.00	93.10	7,500.6600
Abril	56,650.00	275.00	89.60	10,412.1700	37,730.00	187.00	92.70	6,879.5300
Mayo	69,410.00	275.00	91.20	12,620.7600	44,000.00	132.00	93.50	7,740.6600
Junio	51,920.00	297.00	90.30	9,760.2400	36,850.00	132.00	92.60	6,541.6300
Julio	49,126.00	308.00	89.00	9,318.3500	36,410.00	143.00	92.60	6,477.8500
Agosto	64,944.00	330.00	89.80	12,099.7600	38,170.00	154.00	92.60	6,842.8400
Septiembre	70,290.00	319.00	91.20	12,973.9700	42,350.00	132.00	93.50	7,466.8000
Octubre	71,819.00	297.00	90.60	11,907.5500	46,398.00	176.00	93.40	7,548.2100
Noviembre	70,884.00	286.00	91.20	11,251.0200	45,529.00	121.00	93.40	6,903.8500
Diciembre	64,944.00	330.00	89.80	12,099.7600	38,170.00	154.00	92.60	6,842.8400
TOTAL	705,771.00			126,764.2400	472,351.00			81,510.3300

Tabla 4. Datos mensuales de las facturas para los medidores citados correspondientes al año 2009.

Fuente: Facturas Eléctricas.

Vemos que para el medidor del Complejo Deportivo el mayor consumo eléctrico lo obtuvo en el mes de Octubre con 71,819.00 kWh, con una potencia facturada de 297 kW y un costo de electricidad de \$11,907.55, sin embargo el mayor costo de electricidad se obtuvo en el mes de Septiembre con \$12,973.97 pero con un consumo eléctrico mensual de 70,290.00 kWh y con una demanda de 286 kW, es claro ver que existe una disminución en el costo de electricidad del 8.22% y en la potencia facturada 0.657% entre estos dos meses, pero con

un aumento del 2.17% en el consumo eléctrico mensual. De igual manera sucede en el medidor frente a la Comunidad La Fosa, en el mes de octubre se obtuvo el mayor consumo eléctrico mensual de 46,398.00 kWh y con un costo de electricidad \$7,548.21, pero el mayor costo de electricidad se obtuvo en Mayo con \$7,740.66 y con un consumo eléctrico mensual de 44,000.00 kWh, esto indica que se disminuyo en un 5.16% el consumo eléctrico mensual pero se aumento un 2.55% el costo de electricidad.

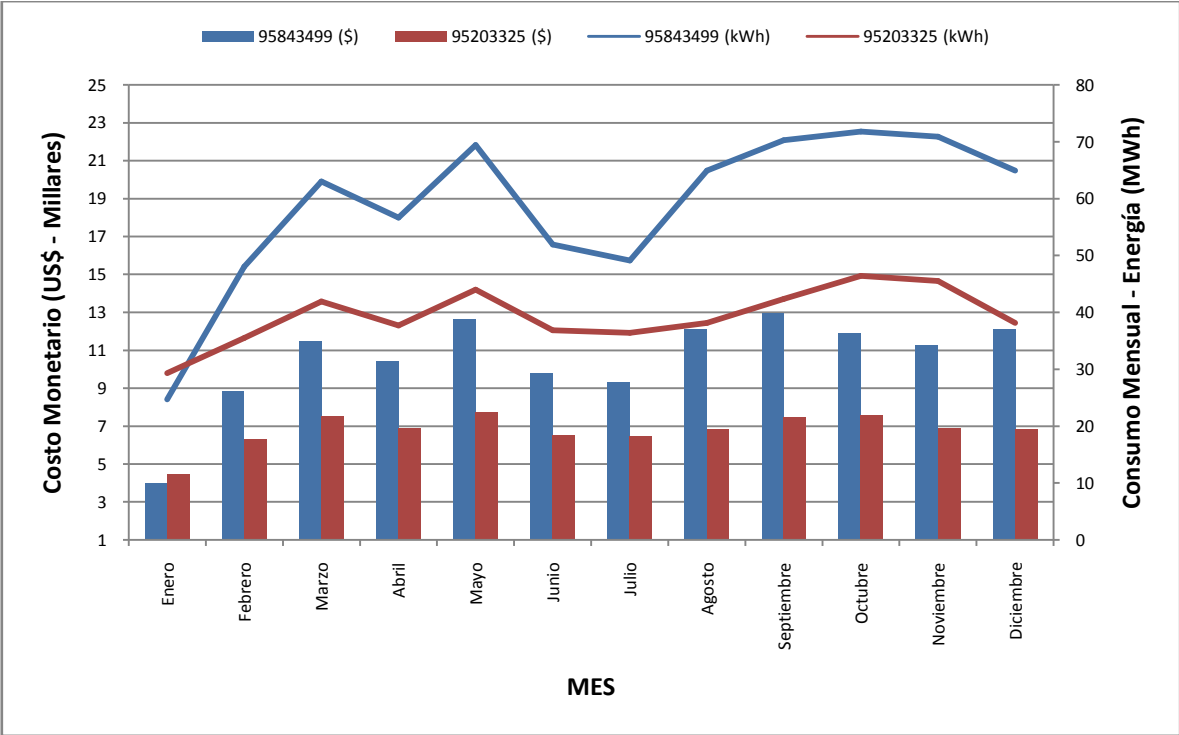


Gráfico 5. Perfiles de consumo mensual de energía y el costo de la energía en el 2009 para cada una de las facturas de los medidores en estudio. Fuente: Facturas Eléctricas.

Los mismos factores expuestos en el análisis de las facturas eléctricas del 2008, son los principales causantes de este comportamiento que se observa en el gráfico 5, tanto el precio del suministro eléctrico como el comportamiento de las instalaciones entorno al uso eléctrico, otros factores son causantes de las demandas de los edificios, tales factores se tomaran en otra etapa posterior.

2.1.1.4. Análisis de Facturación Eléctrica para el año 2010

Si nos vamos directo al análisis y partiendo de la tabla 5 y gráfico 6, se puede observar que el mayor consumo eléctrico mensual se obtuvo en Abril con 70,180.00 kWh y que el mayor

costo de electricidad se obtuvo en Mayo con \$13,347.42, esto para el medidor 95843499, con un 0.94% de disminución en consumo eléctrico mensual pero con un 2.20% de aumento en costo de electricidad, mientras que en el medidor 95203325 el mayor consumo eléctrico se dio en Agosto con 47,520 kWh y un costo de \$8,902.70, sin embargo en este segundo medidor no hay otro valor mayor que el consumo eléctrico ni muchos menos del costo de electricidad, pero no se descarta el hecho de que entre dos meses sucede un comportamiento irregular del consumo eléctrico mensual y costo de electricidad, por ejemplo los meses de agosto y septiembre, donde el consumo eléctrico mensual fue de 47,520.00 kWh con un costo de \$8.902.70 para el mes de agosto, mientras que en Septiembre el consumo eléctrico mensual fue de 37,730.00 kWh con un costo de \$7,103.52.

Medidor ID	95843499				95203325			
	Consumo Eléctrico Mensual (kWh)	Potencia Facturada (kW)	Factor de Potencia	Costo Electricidad (US\$)	Consumo Eléctrico Mensual (kWh)	Potencia Facturada (kW)	Factor de Potencia	Costo Electricidad (US\$)
Enero	43,725.00	231.00	84.90	7,102.4700	31,559.00	165.00	91.40	5,056.8100
Febrero	57,775.00	283.37	88.00	9,335.2900	38,060.00	165.00	92.50	5,998.5200
Marzo	42,875.00	297.00	86.70	7,199.5500	28,050.00	121.00	90.30	4,389.4100
Abril	70,180.00	330.00	90.90	13,060.3300	46,640.00	165.00	92.50	8,393.2600
Mayo	69,520.00	319.00	91.20	13,347.4200	43,120.00	176.00	92.70	8,120.8300
Junio	59,400.00	275.00	90.50	11,427.8900	47,080.00	132.00	92.80	8,631.4400
Julio	46,860.00	253.00	90.40	9,142.7500	32,450.00	165.00	93.10	6,232.9400
Agosto	59,364.00	300.99	89.10	11,498.5400	47,520.00	187.00	92.30	8,902.7000
Septiembre	20,350.00	242.00	89.70	4,462.7100	37,730.00	154.00	93.50	7,103.5200
Octubre	64,240.00	275.00	91.10	10,805.3300	40,920.00	121.00	93.40	6,562.4300
Noviembre	65,450.00	286.00	91.60	10,592.5100	46,970.00	187.00	93.70	7,366.0900
Diciembre	29,623.00	220.00	82.90	5,023.7900	34,001.00	99.00	90.20	5,102.1800
TOTAL	629,362.00			112,998.5800	474,100.00			81,860.1300

Tabla 5. Datos mensuales de las facturas para los medidores citados correspondientes al año 2010.

Fuente: Facturas Eléctricas.

Así que siempre rigen los factores como el comportamiento del uso eléctrico y el precio del suministro eléctrico como causantes de la pauta que tienden a seguir el consumo eléctrico mensual y el costo de electricidad, cosa que se puede apreciar en el gráfico 6.

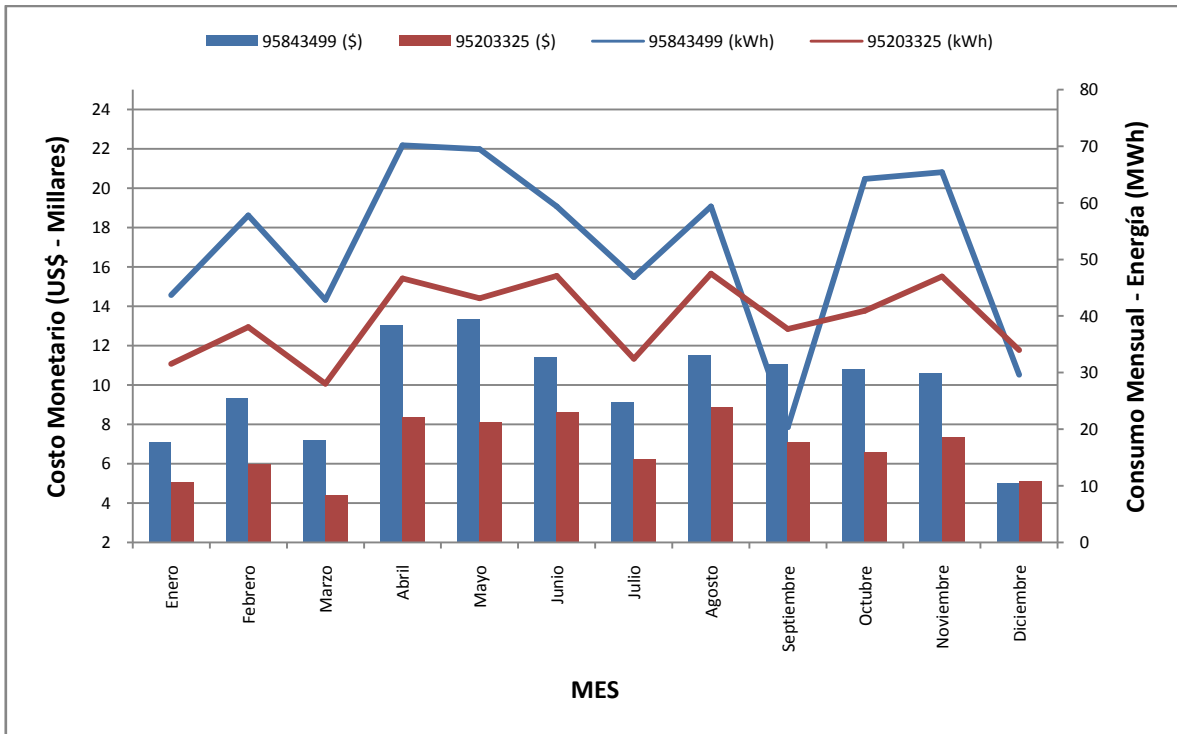


Gráfico 6. Perfiles de consumo mensual de energía y el costo de la energía en el año 2010 para cada una de las facturas de los medidores en estudio. Fuente: Facturas Eléctricas.

Para finalizar este análisis, obsérvese el mes de Septiembre del gráfico 6, la línea que representa los kWh del medidor 95843499 decae hasta 20,350.00 kWh pero cuyo costo es de \$11,048.030, a simple vista se puede apreciar que algo sucedió durante este mes y es que el tal medidor, se averió durante el mes de septiembre, sin embargo las empresas distribuidora no pierden oportunidad de obtener esas mediciones tal que haga de cobrarse lo que representa el consumo de electricidad, que viene en las facturas como “energía no cobrada”.

2.1.1.5. Análisis Anual de la Facturación Eléctrica

Una vez realizado el análisis mensual de las facturas eléctricas para los diferentes años, se accede a un análisis anual de los años 2008 a 2010. En el gráfico 7 se puede apreciar el consumo eléctrico anual y su costo como un total de los dos medidores en estudio. Estas cantidades se tabularon en la tabla 6, con tal que se note el total de los dos ítems analizados. El lector puede sacar sus propias conclusiones al analizar el gráfico y la tabla.

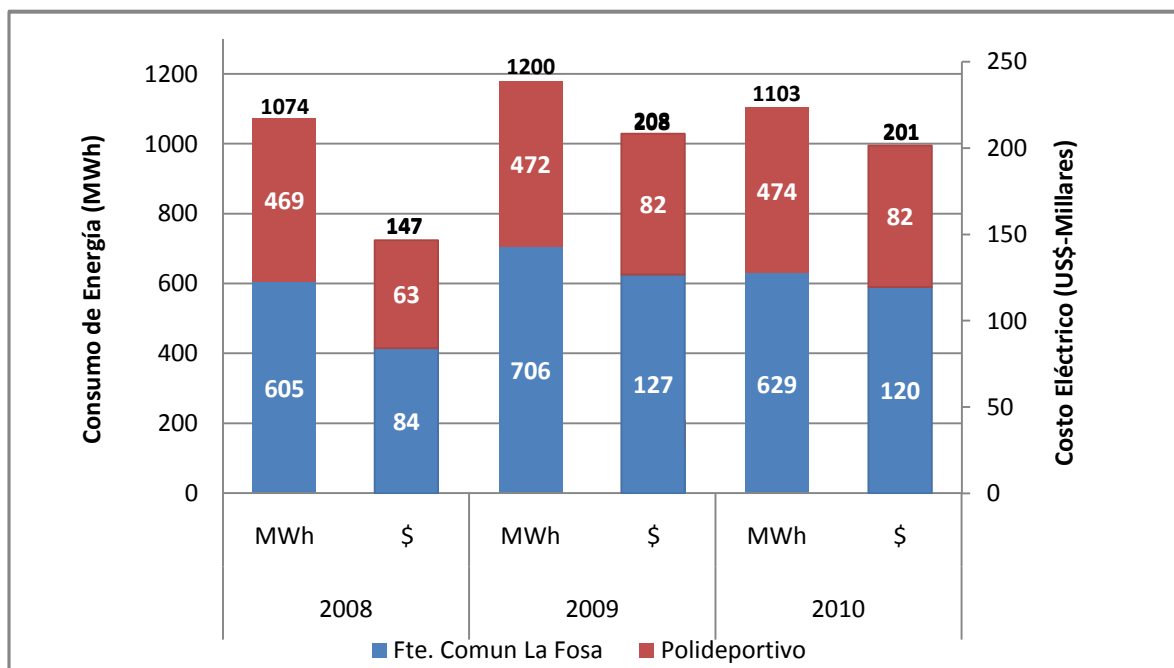


Gráfico 7. Consumo de energía y costo eléctrico anual para los dos medidos en estudio correspondiente al año 2008, 2009 y 2010. Fuente: Facturas Eléctricas.

Año	Medidor ID	Polideportivo UES – Entrada FIA	Fte. Comunidad La Fosa	Total
2008	kWh	605,005.00	468,876.00	1,073,881.00
	US\$	84,138.06	62,512.32	146,650.38
2009	kWh	705,771.00	472,351.00	1,178,122.00
	US\$	126,764.24	81,510.33	208,274.57
2010	kWh	629,362.00	474,100.00	1,103,642.00
	US\$	119,583.90	81,860.13	201,444.03

Tabla 6. Datos totales anuales de los consumos de energía y costos de cada medidor. Fuente: Facturas Eléctricas.

2.1.1.6. Facturas de Consumo de Combustibles

El registro de los datos en esta sección corresponde a la información del kilometraje recorrido, cantidad de galones de combustibles y costos tanto del servicio de transporte como de cualquier otra máquina que haga uso de combustible fósil (ejemplo plantas eléctricas). Con esto se pretende tener una idea del comportamiento del uso de combustible mensual y anual para considerar la medida conveniente.

Sin embargo, la institución no lleva el registro adecuado de estas variables, por lo que la adquisición de las facturas de combustibles no fue consumado dado que la institución no

efectuó el esfuerzo suficiente de recopilar la información necesaria para estos estudios. Aunque, dentro de la sección donde se exponen las medidas eficientes se hará mención de aquellas medidas que influyen en el ahorro de combustibles.

2.2. Identificación de Edificios Críticos de Consumo de Energía

En la FIA no existe medición individual de parámetros eléctricos para cada edificio ni mucho menos de una medición concentrada para solo las instalaciones de la FIA que pueda facilitar la distinción de aquellos edificios de mayor consumo energético, para ello se parte de criterios basados en las experiencias de los encargados del edificio, a falta de un método o programa que evalúe las condiciones de operación de un edificio, tales criterios son:

- a) la visualización concentrada en el edificio para detectar posibles deficiencias existentes en la infraestructura o
- b) la inspección realizada al edificio con la colaboración de los encargados del edificio, aquí se toma en cuenta las lecturas de los documentos solicitados, sobre todo de los planos arquitectónicos de cualquier índole y de las facturas de consumo eléctrico y de combustible, se incluyen también las mediciones hechas de parámetros de interés, y
- c) la experiencia de los encargados del edificio que observan el comportamiento energético del edificio, sobre todo de aquellos encargados en el mantenimiento o jefe de planta de la infraestructura y que estén ligados a la contabilidad del consumo energético.

El caso de estudio de este trabajo incorpora los tres elementos, sobre todo el literal c), algunos ingenieros eléctricos de la escuela de ingeniería eléctrica han realizados varias mediciones a los edificios de la FIA, bajo estas actividades los ingenieros tienen experiencia del comportamiento energéticos de estos edificios. El grafico 8 muestra el comportamiento de consumo anual de los edificios seleccionados, estos resultados están basados en simulaciones hechas en la etapa de modelación de Línea Base de los edificios que se verá más adelante. Entonces los edificios elegidos por medio de las pautas definidas anteriormente son presentados en las figuras 7.

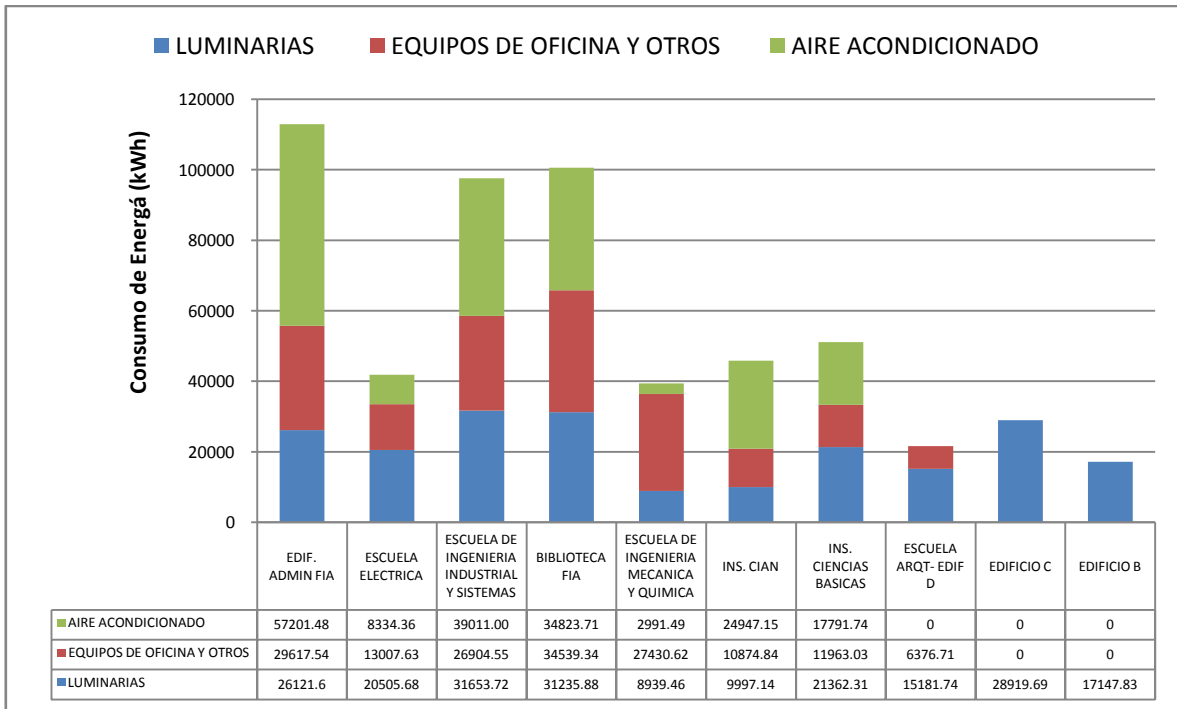


Gráfico 8. Consumo de energía anual para los distintos edificios a estudiar. Fuente: Resultados de Simulación.



Administración Académica de la FIA



Escuela de Ingeniería Eléctrica



Biblioteca de la FIA



Escuela de Ingeniería Industrial e Ingeniería en Sistemas Informáticos

Figura 7. Edificios de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la UES.



Escuela de Ingeniería Mecánica



Instalaciones de CIAN



Unidad de Ciencias Básicas (UCB)



Escuela de Arquitectura - Aulas D



Aulas C



Aulas B

Figura 7. Edificios de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la UES. (Continuación)

2.3. Inspección Visual de los Distintos Edificios Identificados

Una vez elegidos los edificios se procede a la tarea de la inspección de estas instalaciones, el cual consiste en asistir a cada una de las instalaciones de la institución con lo que se pretende lo siguiente:

- Observar y anotar deficiencias en la envolvente del edificio, es decir las características físicas que influyen en la mala operación.

- Observar las deficiencias internas del edificio en cuanto a su diseño, operación y todas aquellas variables que dan pauta a una operación ineficiente del edificio desde la actitud personal hasta las condiciones físicas.
- Entrevistas con los encargados de los edificios para tener claro los objetivos del estudio en cuanto el ahorro de energía que se requiere, inclusive interrogar a los encargados de mantenimiento del edificio ya que ellos darán una perspectiva más realista de la operación del edificio.

Tal como se mencionó en la etapa de “solicitud de información”, hubo carencia de ciertos reportes, por lo cual se tuvo que registrar durante esta etapa de tal forma que vaya de acuerdo a la metodología expuesta en secciones anteriores, así como:

- Materiales de construcción de los distintos edificios de las figuras 7, es decir ir recolectando el tipo de pared si es rugosa o lisa, material de pared externas e internas, las ventanas exteriores e interiores utilizadas, puertas internas y externas, materiales y características de los pisos, techos, cielo falso, etc.
- Recolección de equipos eléctricos de oficinas y de uso domésticos (cocinas, microondas, refrigeradores, oasis, etc.), así como también recolección del inmobiliario que hacen uso el personal que labora en el edificio, en inmobiliario se deben registrar las áreas de cada cara de los muebles de oficinas (sillas, mesas, escritorios, casilleros, etc.), tal información es requerida por el software de simulación utilizado en este trabajo.
- Cantidad de personal por cada área identificada pero que hacen uso del edificio, es decir personas que laboran en el edificio o aquellas personas consideradas estudiantes y maestros.
- En ocasiones se hizo el levantamiento de planos arquitectónicos de aquellos edificios en que hizo falta de este documento inclusive también se realizó el levantamiento de luminarias por la misma circunstancia.

En esta etapa se hará énfasis en la descripción visual del Edificio de Administración Académica de la FIA, cuyo objetivo es el de registrar las deficiencias críticas del edificio que pueden dar lugar a desarrollar alternativas de eficiencia energética, en los otros

edificios se implementarán las deficiencias en una tabla dando una idea del como está construido el edificio.

2.3.1. Condiciones de Fachadas del Edificio de Administración Académica de la FIA

Debido a que el trabajo de inspección visual es demasiado extenso, se ha entrado en la necesidad de no entrar en detalles para cada uno de los edificios de la Facultad, sino que se hace un análisis detallado de uno de ellos, Administración Académica y, luego se mencionan los aspectos que se notaron para el resto de ellos. A continuación se pasa a describir las condiciones para la infraestructura de la Administración Académica.

Desde lejos se puede apreciar que el Edificio de Administración de la FIA posee un mal diseño en cuanto a su estructura constructiva externa, en la figura 8 se puede apreciar su fachada desde diferentes vistas, las deficiencias que se listan en este edificio son:

- La colocación de las ventanas hacen del edificio un “horno” debido a la material que están hechas y de su posición fija de estas, es decir que no se permite flujo de aire hacia el interior de la instalación, dado que las mayorías de las ventanas no son de apertura.
- Las condiciones de las paredes externas ayudan a la retención de calor interno en el edificio, dado que el material de estas paredes no son de aislación térmica, estas aportan transferencia de calor hacia interior.
- La orientación del edificio es otra variable a considerar, al parecer el edificio tiene una adecuada orientación, este presenta una desviación de aproximadamente de 5° hacia el Oeste con respecto al Norte, por lo general los edificios deben de tener una orientación de norte a sur, esto ayuda un poco en la condiciones en cuanto al asoleamiento y de la ventilación natural.

El último punto expuesto arriba es muy crítico en cuanto al diseño del edificio, si bien se mencionó que tiene una buena orientación, el diseño propio del edificio hace que no sea energéticamente eficiente. Obsérvese la figura 9, donde se presenta la vista Este y Oeste, esto da un representación de cómo el sol influye directamente sobre esas caras y sobre todo en la cara Sur donde se capta más la radiación solar durante el día, esto adherido al diseño

de colocación de las ventanas y del material de estas hace que la temperatura se incremente convirtiendo el edificio en un “horno”.



Figura 8. Diferentes vistas del edificio de Administración Académica de la FIA.

En el gráfico 9 de la página 65, se presentan temperaturas cerca a los ventanales del Salón de Reuniones de Junta Directiva, elevándose a un poco más arriba de los 40° C con la condición de los equipos de AA inactivos, esto demuestra el trabajo que ejercen los equipos de climatización en cuanto a su función.

Otro factor que hace que el edificio no sea energéticamente eficiente es la ventilación natural, durante el día se observa que no consideran abrir las ventanas para la circulación del aire en aquellas zonas que lo permitan, la ventilación natural ayudaría a una caída de temperatura interna al edificio, el aprovechamiento del viento cuya dirección es de Noroeste a Sur¹³ ayudaría a la disminución de no solo la variable temperatura sino de la

¹³ Información proporcionada por Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

variable de consumo de energía , la tabla 7 muestra las velocidades del viento mensual y la figura 10 muestra un esquema de la dirección del viento.

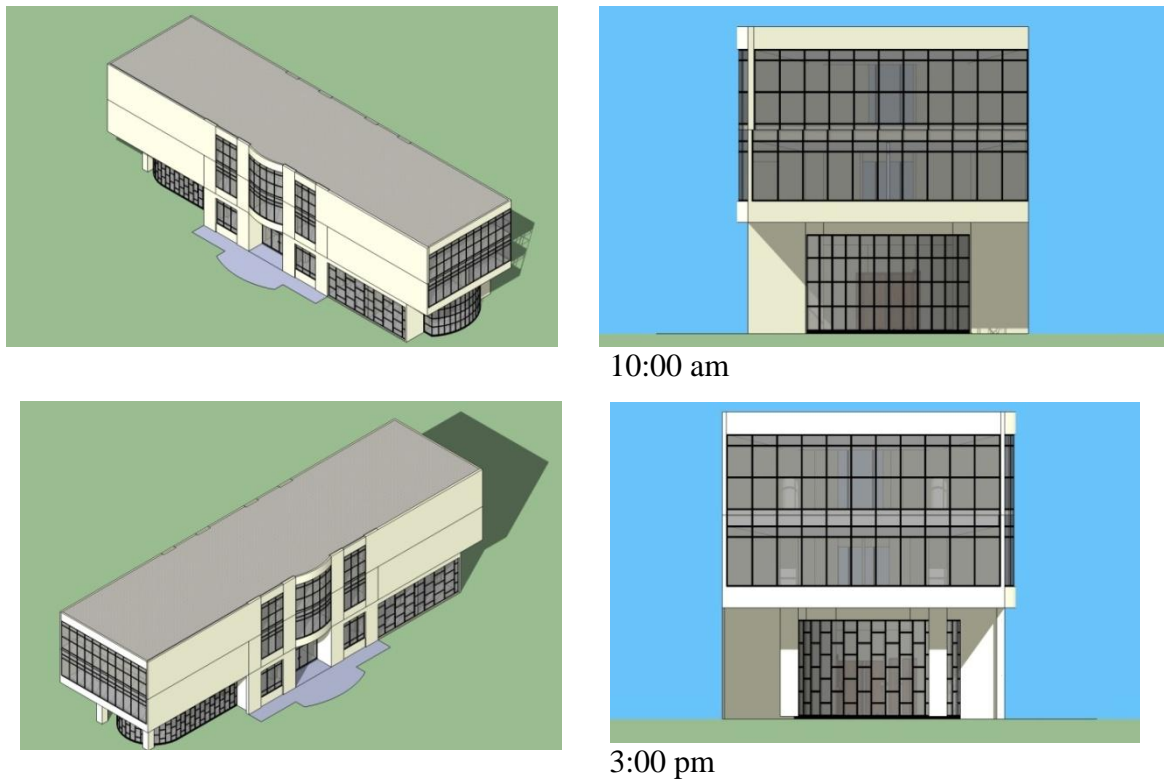


Figura 9. Incidencia de los rayos solares sobre el edificio de Administración en distintas horas del día.

Ahora, tomemos como ejemplo la temperatura simulada en un día en específico de los meses más calurosos en el país, en el gráfico 9 se puede observar como las temperaturas varían estando las ventanas abiertas y cerradas, estas temperaturas son tomadas de simulación hechas en la zona de Sala de Reuniones de Junta Directiva del tercer nivel, por experimentación, la intensidad de calor en esa zona es extrema bajo las condiciones de incidencia directa del sol y de falta de aire acondicionado, si existiera ventilación natural las temperaturas internas bajarían tal como se muestra el gráfico 9, misma condición sucede en otras áreas, se verá más adelante que permitir el flujo de aire es una medida factible en las áreas que lo permitan.

MES/PARAMETRO	Velocidad (km/h)	Velocidad Media (km/h)
ENERO	12.9	22.8
FEBRERO	11.3	20.6
MARZO	11.6	22.3
ABRIL	9.4	22.6
MAYO	8.8	21.9
JUNIO	7.2	16.2
JULIO	5.7	16.1
AGOSTO	5.2	13.7
SEPTIEMBRE	5.7	15.1
OCTUBRE	7.9	16.7
NOVIEMBRE	8.4	18.4
DICIEMBRE	10.9	21.4
PROMERDIO ANUAL	8.75	18.98

Tabla 7. Registro de las velocidades del viento que cruzan el territorio de San Salvador.
Fuente: Servicio Nacional de Estudios Territoriales de El Salvador - SNET.

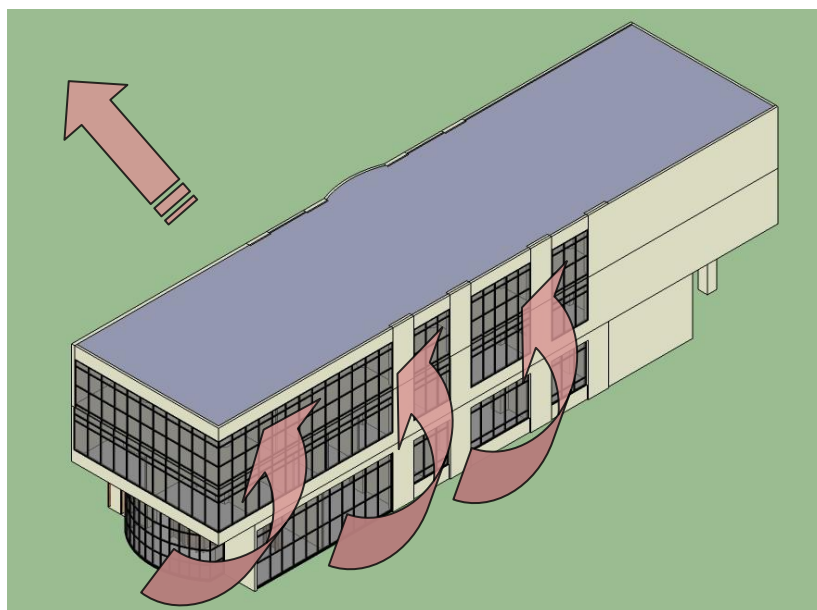


Figura 10. Representación de la dirección de viento sobre el Edificio de Administración Académica de la FIA.

Obsérvese que la máxima temperatura se da a las 11:00 a.m., con 40.80°C con ventanas cerradas y a 32.50° con ventanas abiertas, una disminución de aproximadamente 8°C puede hacer la diferencia en la eficiencia energética, por el momento solo se pretende ver las condiciones ineficientes que presenta el edificio, más adelante se verán las medidas para contrarrestar algunas deficiencias de la fachada del edificio.

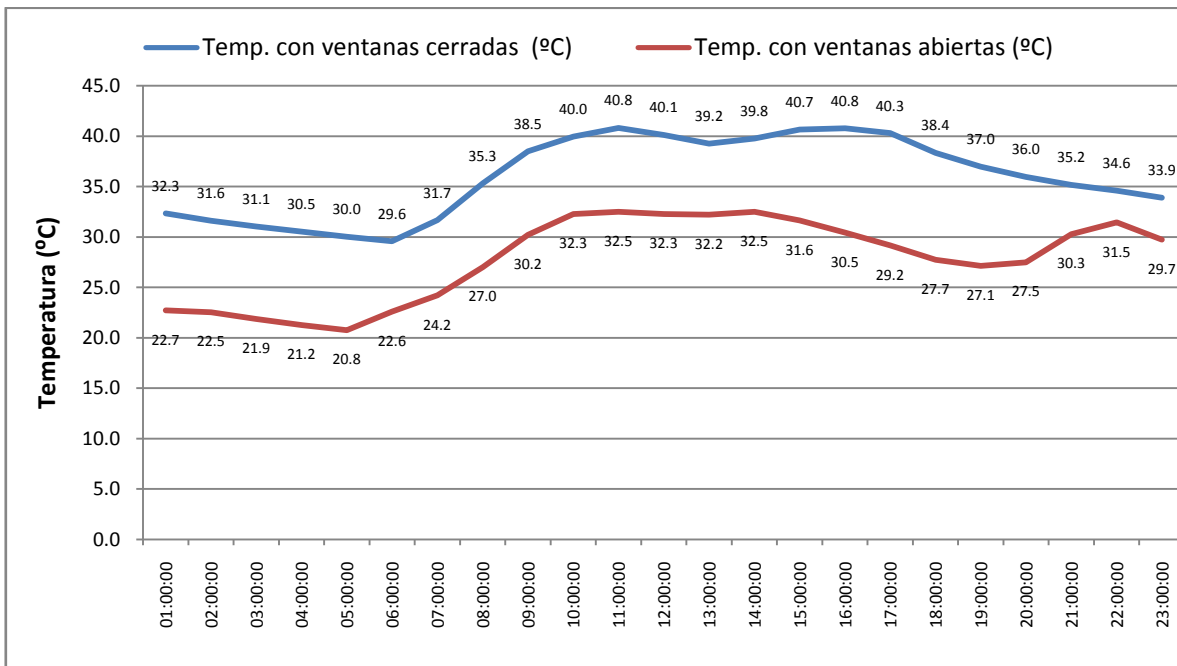


Gráfico 9. Tendencia de las temperaturas en el área de Salón de Reuniones de Junta Directiva, cuando las ventanas operan bajo condiciones de cierre y apertura. Fuente: Resultados de Simulación.

2.3.2. Condiciones Internas del Edificio

Las condiciones internas se dividen de acuerdo a la utilización de los diferentes rubros de consumo energético que los ocupantes disponen, el edificio de administración de la FIA cuenta en su totalidad del servicio eléctrico en la utilización de iluminación, equipo de oficina y auxiliar y equipos de aire acondicionado, cada uno de estos rubros posee algunas deficiencias observadas durante la visita al edificio, es por eso que se inspeccionarán por separado.

2.3.2.1. Iluminación y Equipos de Oficina Actual del Edificio

En la figura 11 tenemos la distribución de luminarias correspondientes a los tres niveles del edificio, esta distribución de luminarias es la que posee actualmente, a continuación se lista las deficiencias observadas durante la inspección:

- En primer lugar se manifestó que algunas áreas que no están siendo utilizadas mantenían las luces encendidas, en ocasiones encienden las luces al 100% aun si la distribución de luminarias es de 50-50%, es decir con un interruptor se puede

encender solamente la mitad de las lámparas y con el otro interruptor la otra mitad, esto significa que no se diseñó una buena distribución de lámparas en todas las áreas.

- Los pasillos mantienen sus luminarias encendidas todo el tiempo, el pasillo del tercer nivel hay 5 luminarias de 3 X 32W PHILIPS, cada tubo brinda 2800 lúmenes¹⁴ por lo que existen $5 \times 3 \times 2800 = 42000$ lúmenes brindados al pasillos, de texto recomiendan que para los pasillo debe de tener una iluminancia (E) de 150 lux y al trasladarlo a lúmenes tenemos 11640.21 lúmenes para el área del pasillo, esto equivale a que solamente se deben utilizar 2 luminarias de 3X32 Watts. De aquí deben surgir las técnicas de eficiencia en cuanto la buena utilización de la luminarias.
- Otro factor importante es de no considerar la luz natural en las áreas cercanas a los ventanales, se observó que se tiene persianas internas obstaculizando la luz solar, se verá más adelante considerar la luz natural para la distribución adecuada de luminarias ayudo en el ahorro energético.
- En cuanto a los equipos de oficinas y auxiliares, solamente se observó que cierto personal deja activos los equipos de oficinas mientras no se mantiene en su local, esta deficiencia se debe más a la conciencia sobre el ahorro de energía, el cual posee un porcentaje significativo en el ahorro tanto de consumo como de costo eléctrico.

2.3.2.2. Equipos de Aire Acondicionado

Los equipos de AA son causantes del consumo elevado de energía en este edificio, por supuesto el diseño del edificio hace que deba instalarse AA, el problema aquí es que los profesionales de instalación de estos equipos no tienen una metodología eficiente para el adecuado dimensionamiento de los AA y realizan sus cálculos basados en métodos empíricos. Una distribución de la instalación de los equipos de AA en el edificio se muestra en la figura 12, a simple vista se observa que la necesidad fue de obtener confort interno sin considerar condiciones técnicas de diseño de AA.

¹⁴ De tabla de lúmenes para la compañía distribuidora de lámparas fluorescentes Philips.

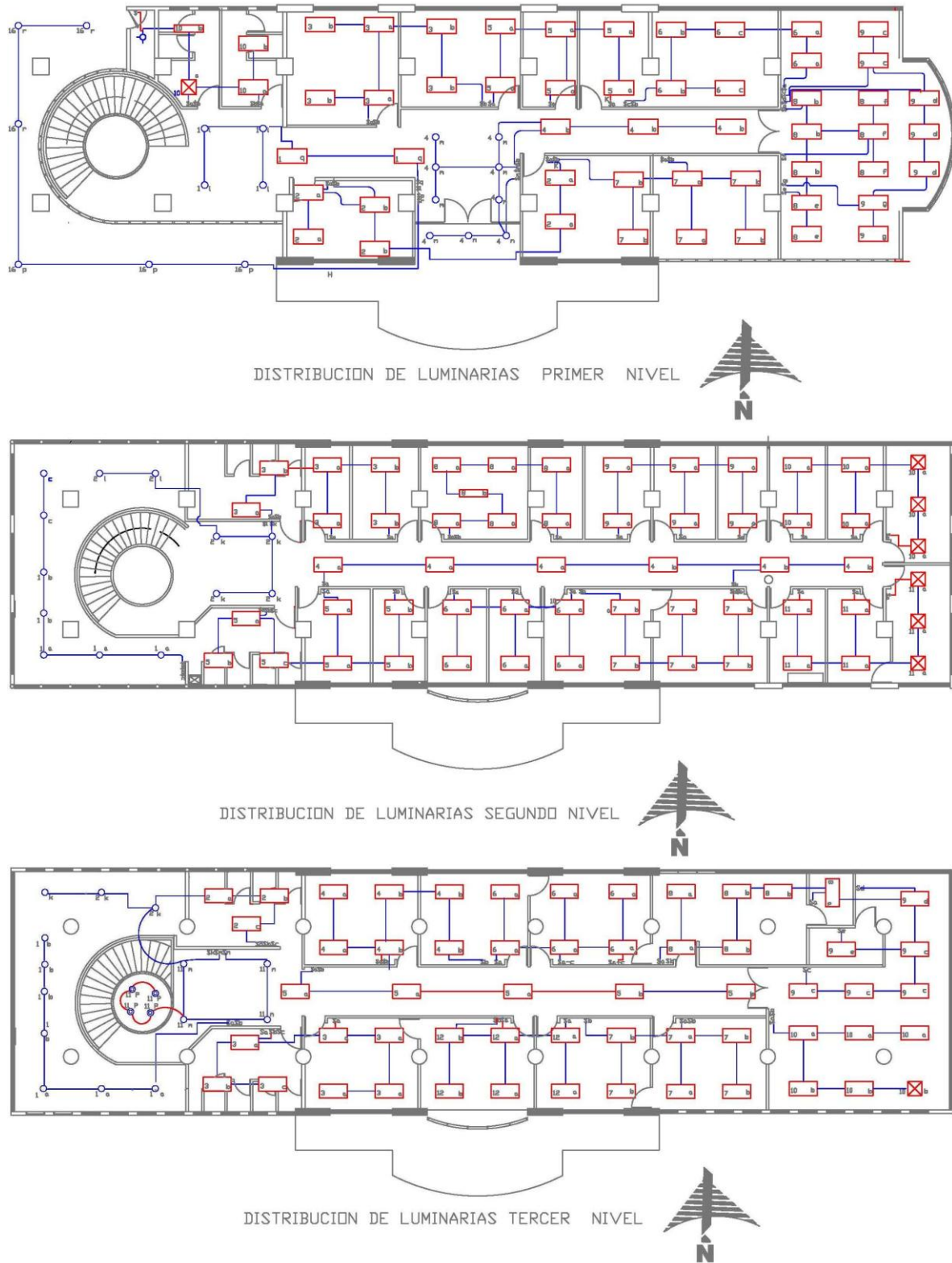


Figura 11. Distribución actual del sistema de iluminación en el edificio de Administración Académica de la FIA.

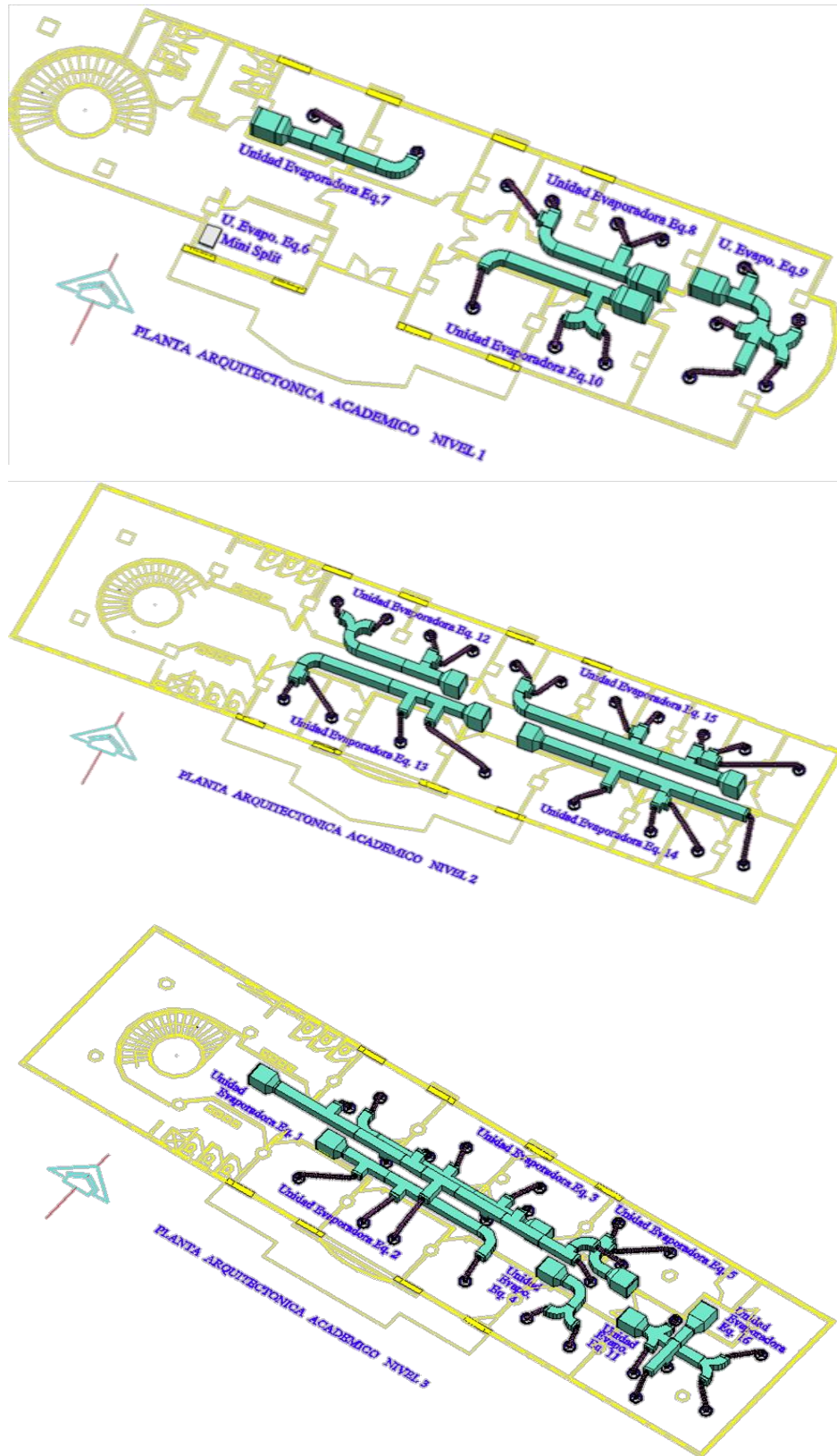


Figura 12. Distribución actual del sistema de climatización en el edificio de Administración Académica de la FIA.

En la tabla 8 se muestran los datos técnicos de los aires acondicionados, las deficiencias se listan a continuación:

- La mayor concentración se encuentra en la distribución de los aires del tercer nivel (figura 12), solamente la sala de reuniones cuenta con dos equipos de aire acondicionado de 2 y 4 TON, ni siquiera consideraron la instalación de un solo equipo de 6 TON que aunque quizás pueda quedar redimensionado para esa área es seguro que el consumo de un solo A.A. es menor que el dos.
- Obsérvese que el pasillo está siendo climatizado por un equipo de 5 TON, aparte de climatizar el pasillo este equipo suministra aire a otras áreas que ya están climatizadas. Una posible solución para climatizar el pasillo es colocando dampers entre el pasillo y áreas climatizadas y así suministrar aire frío al pasillo, pero esto se verá más adelante cuando se estudie las medidas ahorrativas.
- No se consideró colocar cortasoles u otro sistema que ayude a disminuir las altas temperaturas para aquellas áreas donde el sol incide directamente, la utilización de estos elementos conlleva a una disminución de temperatura interna lo que conduce a un mejor confort en el personal y sobre todo una mejor eficiencia en la operación de los equipos de AA.

Equipo	Marca	Modelo	BTU/h/Ton.	Voltaje	Alimentación PH	cfm†	EER††
1	Carrier	38CKG0605A	60000 / 5	208/230	3	3400	9
2/ 3/ 8/ 11 13/ 14	York	HABA-T0483A	48000 / 4	208/230	3	3250	9.5
9/10/15	York	HABA-T0605A	60000 / 5	208/230	3	3450	10.25
12/7	York	H1RA036S25B	36000 / 3	208/230	3	2150	9.1
4/5/16	York	BRCS0241BD	24000 / 2	208/230	1	1850	9.65
6 (mini split)	York	TGCD36S43S1	36000 / 3	208/230	3	3200	11
†cfm: feet cubic per minutes(pies cúbicos por minuto)							
††EER: Energy Efficiency Ratio es el coeficiente de eficacia frigorífica							

Tabla 8. Datos técnicos de los distintos equipos de aire acondicionado instalados en el edificio de Administración Académica de la FIA.

Hasta aquí el registro de las deficiencias para el edificio de Administración de la FIA, es probable que existan otras deficiencias, sin embargo sólo se hace mención de estas para describir la metodología de EE que se está aplicando. Para los otros edificios no se detallaran las deficiencias tal como se hizo para el edificio de Administración de la FIA, se describen en forma rápida las deficiencias de los otros edificios.

2.4. Inspección Visual a los Edificios Restantes

Como se menciona en la sección anterior, se describen en forma general las deficiencias de los edificios restantes, si el lector requiere indagar en las observaciones hechas a los edificios tendrá que inspeccionar en persona el edificio para tener una clara perspectiva de cómo opera tal edificio.

2.4.1. Edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica

- La distribución de las luminarias es inadecuado, hay sectores que al encender las lámparas para iluminar cierto espacio requerido, se activan otras que no son necesarias. También no se consideró la luz natural para la actual distribución.
- Los equipos de A.A. de ventana instalados en la Escuela de Eléctrica son deficientes dado la antigüedad de operación. Aparentemente ya perdieron su vida útil de trabajo, también hay cierto equipo que no es necesario.
- El A.A. del Centro de Cómputo es de 60000 BTU/hr, según un estudio térmico realizado en otro trabajo, este aire está sobredimensionado, la capacidad de A.A. para climatizar esta área debe de ser de 48000 BTU/hr.
- No existe una ventilación natural en el espacio comprendido entre el cielo falso y el techo para el escape de calor que se almacena en ese espacio.

2.4.2. Edificio de las Escuelas de Ingeniería Mecánica y Química

- Toda la iluminación es del tipo T12 - 4X40 Watts, se sabe que este tipo de lámpara consume de 17% a 48% más que la luminarias del tipo T08.
- Se mantienen encendidas algunas lámparas en áreas en que no son necesarias, tales como, el área de taller, a esto sumarle la mala distribución de luminarias que existe

actualmente, incluso para la distribución actual no se tomaron las condiciones de luz natural.

- Existen equipos de A.A. que no se necesitan, por ejemplo el A.A. de ventana del aula K-13 no es necesario, así mismo el A.A. de ventana instalado en el cubículo del Director de la Escuela puede eliminarse.

2.4.3. Edificio de Escuela de Arquitectura (Aulas D), Edificio Aulas B Y C

- El sistema de distribución de lámparas en estos edificios es deficientes. Al igual que los otros edificios no existe una distribución adecuada de luminarias en los salones. Para el segundo nivel del edificio D que pertenece a la Escuela de Arquitectura tiene la misma deficiencia, prácticamente durante el día la mayoría de las luminarias están encendidas, no hay una consideración de distribución de lámparas de acuerdo a la luz natural.
- En cuanto a los equipos de oficinas de la Escuela de Arquitectura, en ocasiones se mantienen activos aun si no se están utilizando.

2.4.4. Instalaciones del CIAN

- En el laboratorio del CIAN tienen instaladas ventanas fijas que no dan lugar a que exista un flujo de aire interno, de igual forma sucede en la Secretaria del CIAN donde no hay circulación de aire interno, incluso la filosofía de diseño de esta instalación no es propia para la dirección del flujo natural del aire.
- Deficiencia en el sistema de iluminación en la Secretaria y Laboratorio del CIAN. No existe una distribución correcta de lámparas instaladas en todas las áreas. También no se consideró la luz natural para el diseño de la distribución de lámparas, sumado a esto existe un bloqueo de la luz natural por la existencia de persianas en las ventanas.
- No existe flujo de aire entre el techo de lámina y el cielo falso tanto para la secretaria como para el laboratorio del CIAN, ni siquiera existe un escape considerado de calor almacenado en ese espacio, ese calor es transferido por el cielo falso hacia el interior de las áreas de trabajo.

- Las paredes exteriores de Secretaría del CIAN no contienen característica de aislación térmica haciendo que el calor sea transferido hacia el interior, esto se debe a la incidencia directa de los rayos solares debido a que no existe sombreado alrededor de la instalación resultando de altas temperaturas en el interior.
- Existe un mal diseño de los equipos de A.A. instalados en la secretaria del CIAN, la instalación de estos equipos fue apresurada por lo cual no se consideró algunos detalles de diseño, también no se consideró un sistema que permita el bloqueo de los rayos solares y así disminuir el las temperaturas internas de la instalación.

2.4.5. Instalaciones de Docentes y Unidad de Ciencias Básicas (UCB)

- Una mala distribución de lámparas en todos los sectores, tanto en la Unidad de Ciencias Básicas como en los cubículos de los Docentes, la distribución actual provoca encender lámparas innecesarias, el aspecto de luz natural no se consideró para una buena distribución.
- En el Aula F4 no es necesario la instalación de un equipo de A.A., la orientación de esta aula es adecuada para la ventilación natural, esta ventilación es bloqueada con el cierre de las ventanas, por ello no existe circulación de aire exterior al interior.
- Tanto la Unidad de Ciencias Básicas como la de los Cubículos de los Docentes no existe flujo de aire en el espacio comprendido entre el cielo falso y el techo para el escape del calor ni siquiera un área de escape para que no se almacene el calor en esa área.
- Los aires instalados en los Cubículos de los Docentes es ineficientes, se han instalados 4 aires acondicionados de 36000 BTU/hr, aquí no se consideró la puesta de corta soles o ventilación natural para reducir la operación de los equipos de A.A. o quizás la reducción de algunos equipos.

2.4.6. Edificio de las Escuelas de Ingeniería Industrial y Sistemas Informáticos

- Deficiencia en el sistema de iluminación, no existe una distribución correcta de lámparas instaladas en todos los locales y niveles. No se consideró la luz natural para el diseño de la distribución de lámparas.

- La orientación del edificio da lugar que existe flujo de aire a través del edificio, sin embargo esta no existe por consideraciones de diseño interno, inclusive en aquellas áreas donde se permita la corriente de aire ha sido bloqueado por ya sea instalaciones de equipos de A.A. o simplemente el cierre de ventanas.
- No se consideró la puesta de corta soles u otros sistemas para la reducción de la incidencia directa de los rayos solares dando lugar a la reducción de operación de los equipos de A.A. instalados.
- No existe escape de calor almacenado en el espacio comprendido entre el cielo falso y el techo existente en el tercer nivel, este calor es transferido hacia el interior de las áreas de trabajo del tercer nivel.

2.4.7. Edificio de la Biblioteca de la FIA

- De igual forma que en edificios anteriores, en este edificio existe una inadecuada distribución de lámparas, se observó que en diferentes locales están encendidas todas las lámparas mientras que sólo se necesita menos cantidad de lámparas encendidas.
- La colocación de persianas hace que no se aproveche la luz natural que ingresa al área, este parámetro debe de contribuir en la distribución de las lámparas para una óptima iluminación.
- No se considera la ventilación natural, sobre todo en aquellas áreas climatizadas donde se puede contribuir en la disminución de la operación de los equipos de A.A.
- La falta de cortasoles para bloquear la incidencia directa de los rayos solares, contribuyendo la disminución de los aires acondicionados.

Si se presta atención a todas las deficiencias expuestas anterior mente son prácticamente comunes entre todos los edificios, es de notar la falta de medidas, metodologías y sobre todo del conocimiento de EE de los profesionales que participaron en la construcción, iluminación, climatización para cada edificio. Existe una deficiencia difícil de predecir en cuanto afecta al consumo energético del edificio y es ***los hábitos en cuanto al uso de la energía por parte de los operarios de los edificios***. Esta deficiencia es común en todos los edificios y cubre todos los aspectos mencionados en las deficiencias expuestas arriba para

cada edificio, es decir afecta tanto en la operación iluminación, equipos de oficina y equipos de A.A., su porcentaje de afectación al consumo de los edificios es variable debido a que no se tiene un control exacto de esta deficiencia, sin embargo este porcentaje es el que se puede disminuir si consideramos adoptar los adecuados hábitos energéticos.

2.5. Modelo Base de Consumo de Energía de los Edificios Elegidos

Una descripción de este modelo se puede encontrar en el capítulo 1, el objetivo de esta etapa es estimar el comportamiento real de los edificios a base de simulaciones por medio de programas informáticos de análisis térmico y eléctrico.

La información registrada en etapas anteriores son pilar para esta etapa y la siguiente para la creación de los modelos de estos edificios, tales modelos creados en EnergyPlus se presentan en la figura 13, el cual presenta una vista de cómo están distribuidos las instalaciones a estudiar en el campus de la FIA. Cabe decir que esta etapa junto con la anterior son las de mayor dificultad debido a su función que presentan. Sin embargo los resultados presentados aquí son sencillos que consta de gráficos y tablas describiendo la demanda de los edificios en su totalidad y que elementos contribuyen a que se genere esta demanda.

2.5.1. Validación de los Modelos

En la sección “Inspección Visual” para los edificios de la FIA, se mencionó de la medición de demanda de los edificios elegidos, estos datos permiten que los resultados de las simulaciones hechas por EnergyPlus concuerden con la operación real del edificio, para ello se busco acercarse lo más posibles a los datos reales medidos haciendo que los resultados den una perspectiva real de la situación actual de operación de los edificios.

Los edificios fueron medidos en un período de 7 días¹⁵, un ejemplo de esto se puede ver en el gráfico 10, esta gráfica pertenece al edificio de Administración de la FIA, el período en que se midió fue de 12 de abril a 19 de abril del 2011, obsérvese que su parecido entre los

¹⁵ Para la medición de estos edificios se utilizaron los medidores siguientes: Analizador Trifásico de calidad eléctrica 433/43, Medidor Electrónico para Medidores de Energía Eléctrica A3 ALPHA METER y Medidor Energético Dranetz-BMI PowerGuide 440

datos medidos y los simulados darán un criterio más real en los resultados de este trabajo. Las otras comprobaciones de los datos medidos con respecto a los datos simulados para los edificios restantes se encuentra en Anexo A.

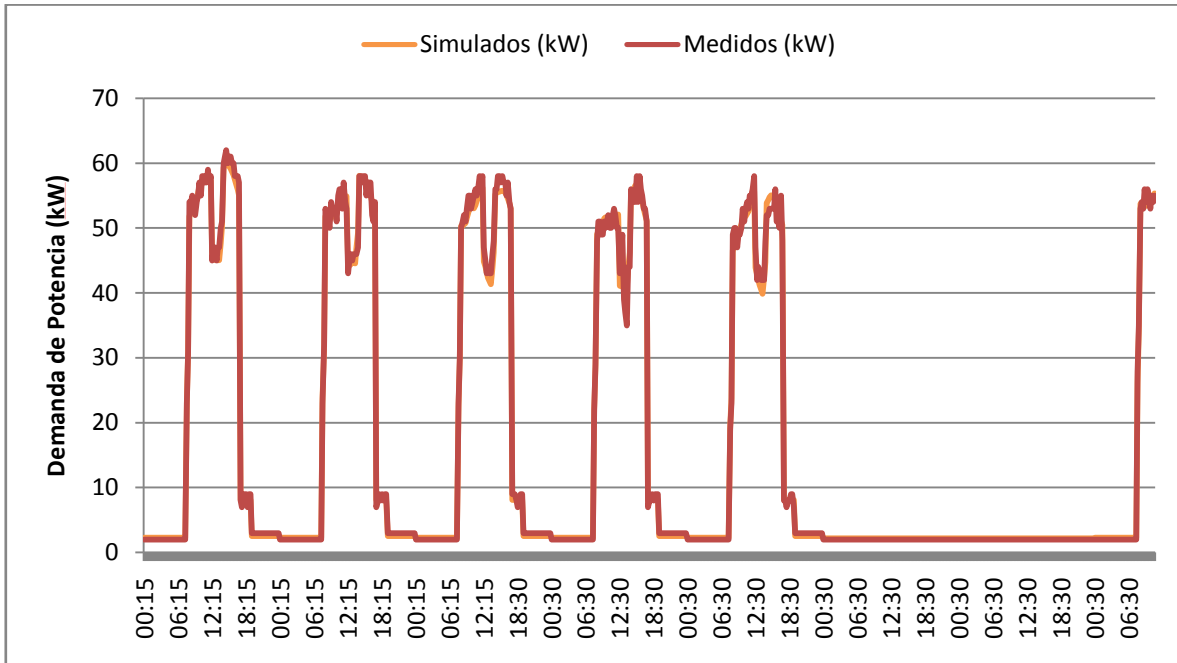


Gráfico 10. Gráfico de la demanda en el periodo 12 al 19 de Abril 2011 para el edificio de Administración Académica de la FIA. Fuente: Mediciones y Simulaciones.

2.5.2. Perfil de Carga Mensual del Edificio de Administración Académica de la FIA

En la tabla 9 tenemos los datos simulados correspondiente a los cargos de demanda de potencia, consumo energético y cargos económicos, el mes de Mayo es el que representa el valor máximo en cuanto Consumo de energía y Costo Eléctrico, sin embargo al observar bien los datos la máxima demanda de potencia se da en Marzo, aun así lo importante para el usuario es el costo monetario final que deberá cancelar. Un punto importante aquí es el cargo del Costo Eléctrico, este cargo no sólo es la suma de Costo Energía y Costo Demanda, sino que incluye aquellos cargos adicionales a la de una facturación real, es decir se incluye: Cago de Comercialización, Costo por tasa municipal por poste e IVA, y esto se hace para hacer el análisis más realista. Las respectivas tarifas consideradas en los costos que incurren en el consumo de energía se presentan en Anexo D, como nota adicional, las tarifas son esenciales debido a que el cálculo del costo se realiza con el programa EnergyPlus, ingresando los respectivos costos de acuerdo al periodo de cobro.

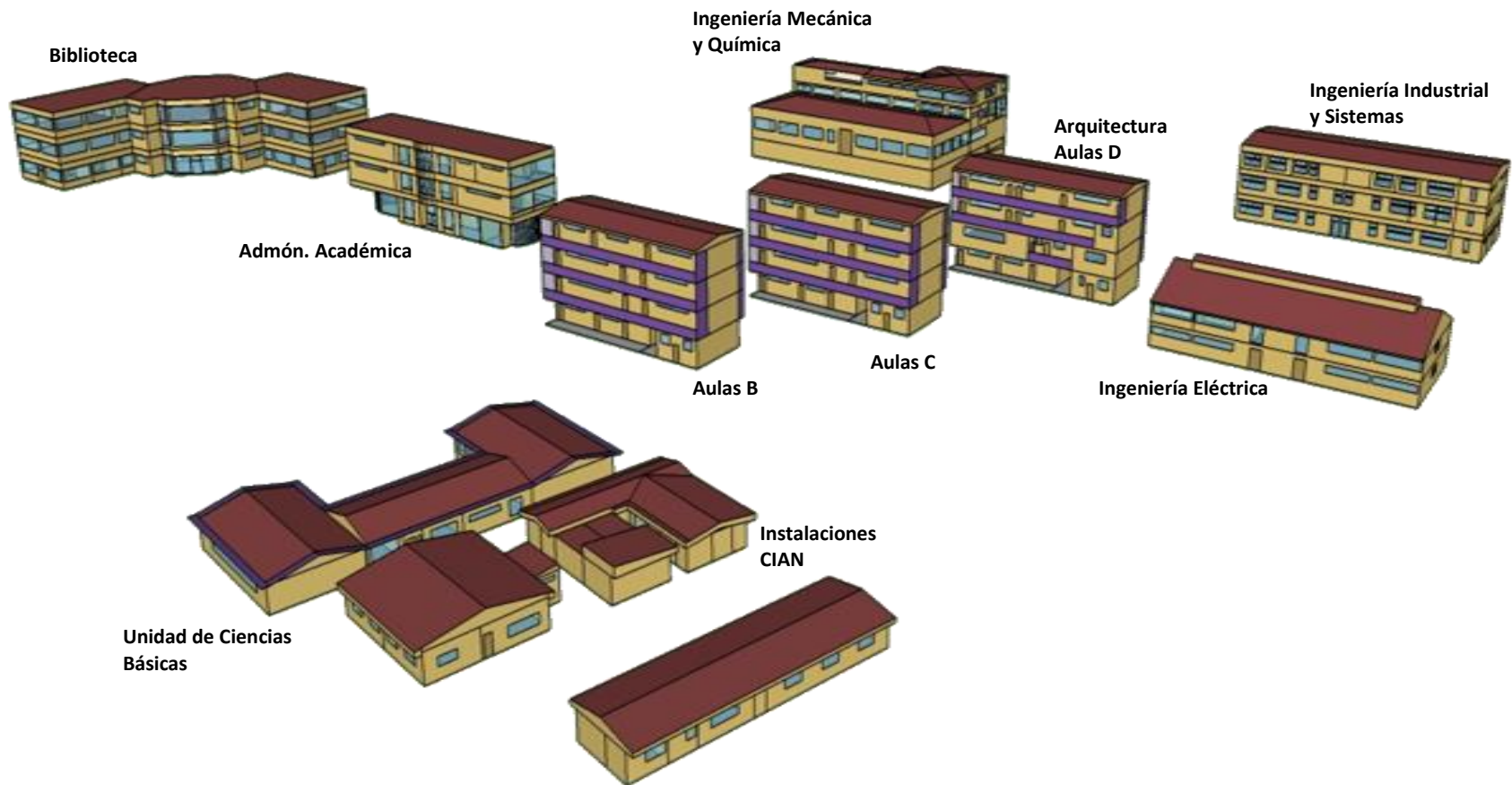


Figura 13. Distribución de los edificios de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura en el campus de la UES.

MES	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	5934.87	62.69965	760.37	209.29	1108.87
FEBRERO	10789.54	65.62088	1382.64	219.04	1823.93
MARZO	10963.99	69.58963	1405.1	232.29	1864.34
ABRIL	9782.32	63.63877	1448.47	212.43	1890.93
MAYO	11068.69	62.04007	1731.26	207.09	2204.84
JUNIO	10048.59	60.30379	1570.86	201.3	2016.8
JULIO	10560.81	63.87695	1650.78	213.22	2120.72
AGOSTO	8546.37	55.06869	1335.91	183.82	1731.22
SEPTIEMBRE	9509.51	53.61945	1486.09	178.98	1895.65
OCTUBRE	10388.1	57.79013	1458.25	192.9	1879.9
NOVIEMBRE	10712.02	62.46128	1403.44	208.5	1835.53
DICIEMBRE	5539.72	60.17034	725.78	200.85	1060.18
ANUAL	113844.53		16358.95	2459.71	21432.91
PROMEDIO ANUAL	9487.04		1363.25	204.98	1786.08
MAXIMO	11068.69	69.58963	1731.26	232.29	2204.84

Tabla 9. Registro de datos de consumo eléctrico mensual del edificio de Administración Académica de la FIA. Fuente: Resultados de Simulación.

La aportación de cada rubro al perfil de carga es del 20% para luminarias, 26.3% para equipos auxiliares y el 54.73% para equipos de aire acondicionado, tal como se muestra en la grafica 11, la explicación de este grafico es la siguiente, si de la tabla 9 tomamos el dato de máxima demanda de potencia (62.04 kW) para el mes de Mayo, la demanda en cuanto a luminaria es de 11.8 kW ($0.20 \cdot 62.04 \text{ kW}$), en el caso de equipos auxiliares es de 16.3 kW ($0.263 \cdot 62.04 \text{ kW}$) y para los equipos de aire acondicionado es de 34 kW ($0.5473 \cdot 62.04 \text{ kW}$).

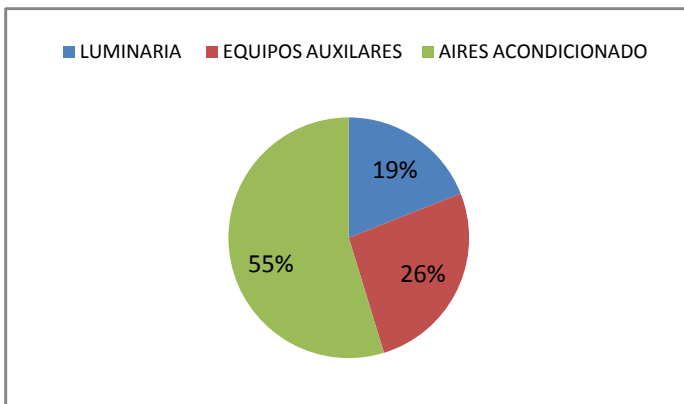


Gráfico 11. Caracterización de los indicadores energéticos de aportación al consumo eléctrico para el edificio de Administración de la FIA. Fuente: Resultados de Simulación.

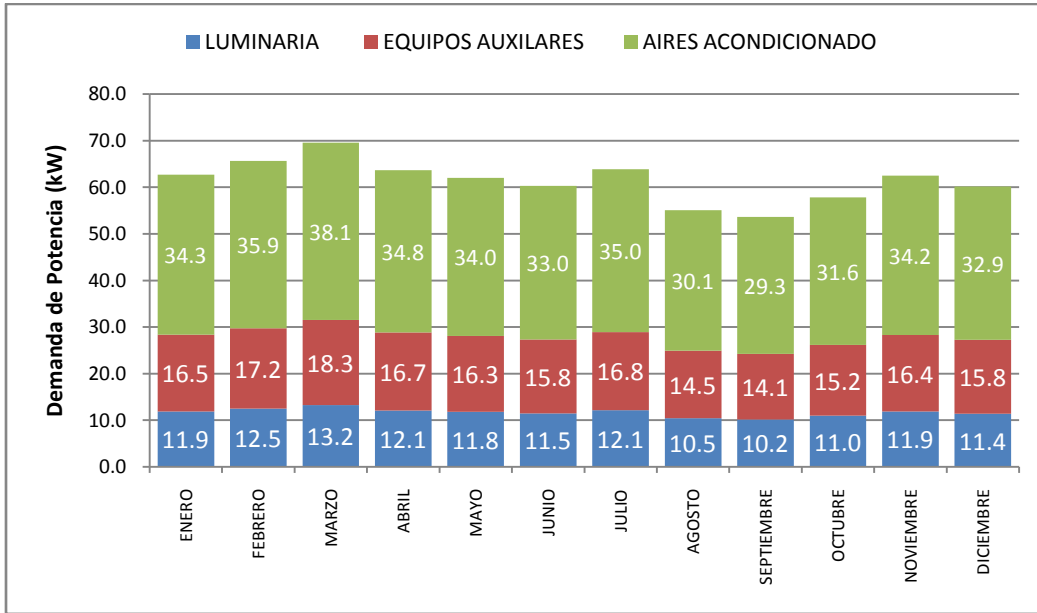
La aportación de cada rubro para cada mes lo podemos apreciar en los gráficos 12a) y 12b) tanto para consumo de energía como para demanda de potencia, a simple vista se ve que la mayor demanda de potencia y consumo de energía lo establecen los equipos de aire acondicionado. Obsérvese el mes de marzo del gráfico 12a), en donde predomina más en la demanda de potencia, y si nos vamos al otro gráfico 12b) el consumo de energía máximo se da en el mes de mayo, este comportamiento depende de muchos factores, entre ellos están, la operación de los servicios energéticos por parte de los usuarios, el estado climatológico mensual, condiciones operativas del edificio, etc. Para una comprensión detallada de consumo y demanda mensual y anual por cada rubro refiérase al Anexo B.

La tendencia del consumo de energía y costo de energía lo podemos visualizar en el gráfico 13, aquí se reitera lo dicho anteriormente respecto a que el mayor consumo se da en el mes de mayo de 11068.69 kWh a un costo de \$2204.84. El consumo de los meses de Enero y Diciembre es bajo dado que el edificio opera solo la mitad de cada mes.

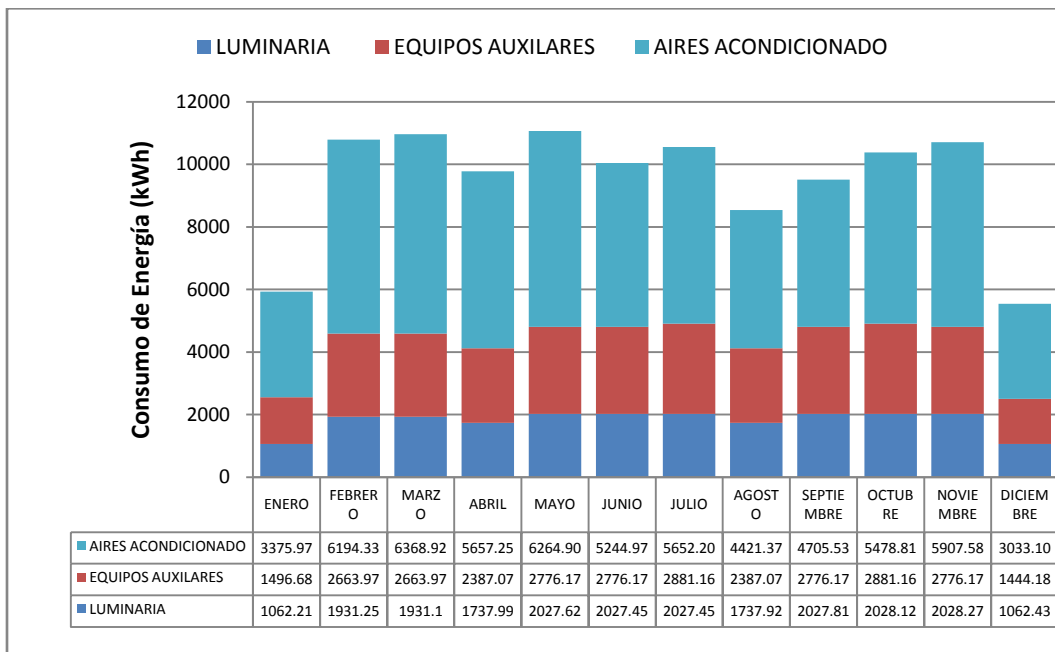
2.5.3. Perfiles de Carga Anual para los Edificios Restantes de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

En esta sección se presentan los resultados y condiciones para los perfiles de carga consumido como de costos incurridos anuales para todos los edificios en estudio de la FIA. No se detallarán las condiciones de perfiles de carga mensuales para cada edificio, pues la cantidad de resultados de simulaciones es demasiada para ser presentada en el cuerpo del trabajo, si se requiere una mayor información sobre los mismos refiérase al anexo B.

La gráfica 14a) presenta los perfiles de consumo anuales para cada edificio de la facultad, incluyendo el de Administración de la FIA, ya analizado, detallando cada rubro de consumo de energía, es decir, Aires Acondicionados, Equipos de oficina y otros y Luminarias.



a)



b)

Gráfico 12. a) Perfil de la máxima demanda de potencia dividido en las variables energéticas. b) Perfil de consumo máximo de energía dividido en las variables energéticas. Fuente: Resultados de Simulación.

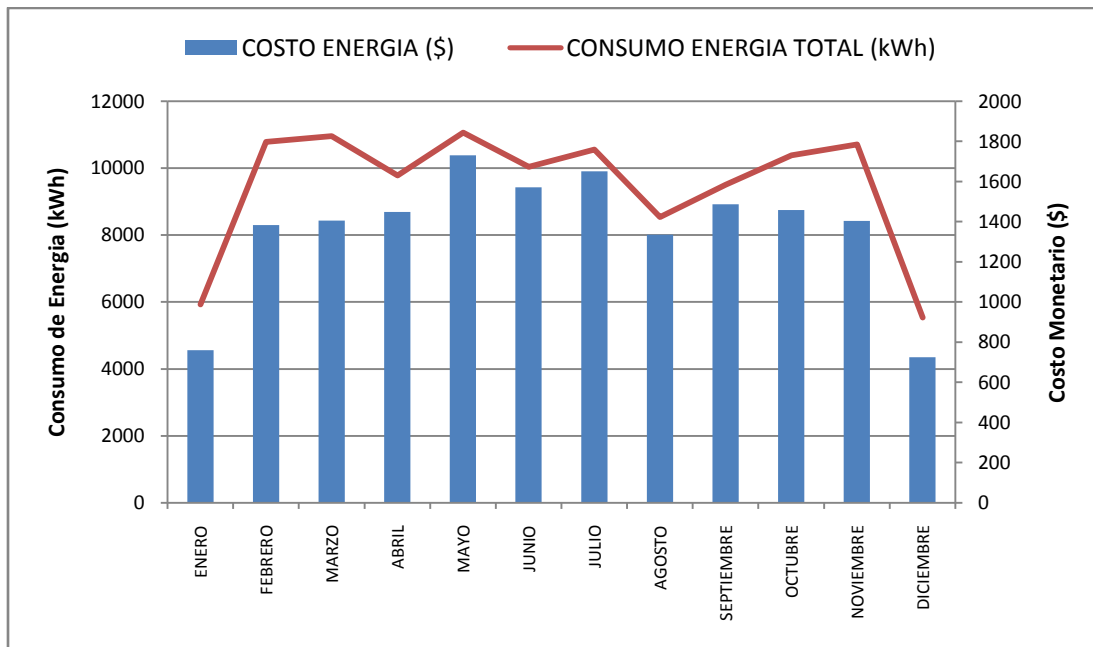
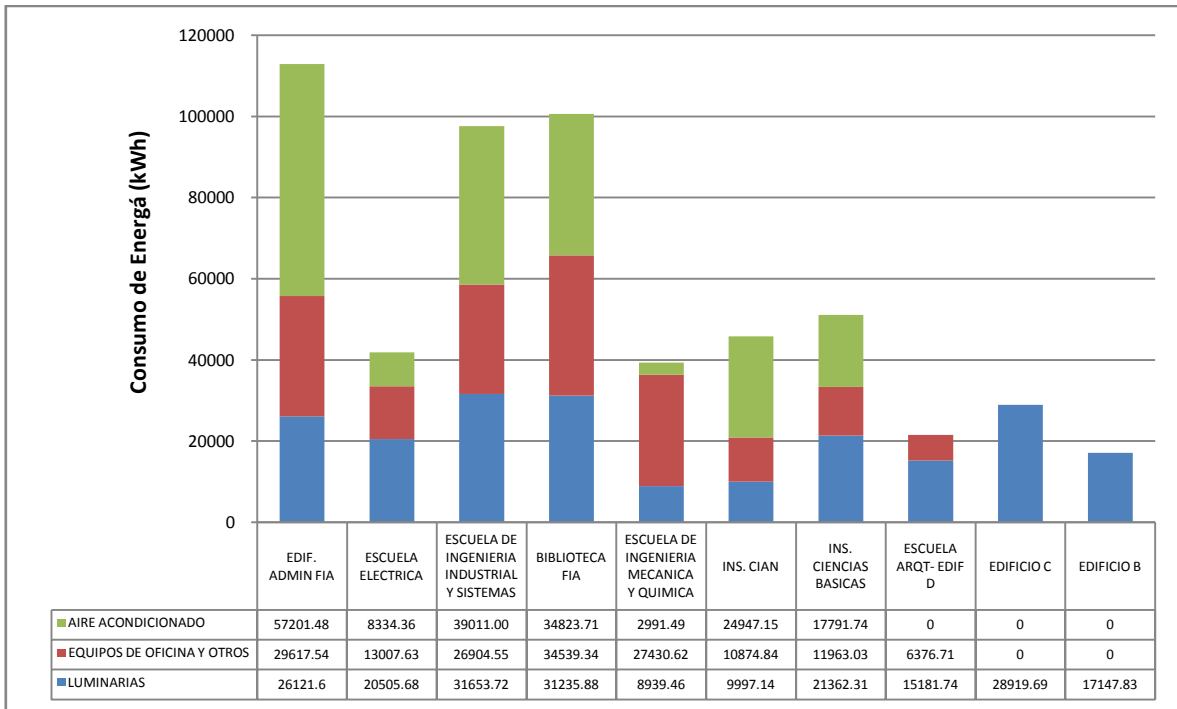


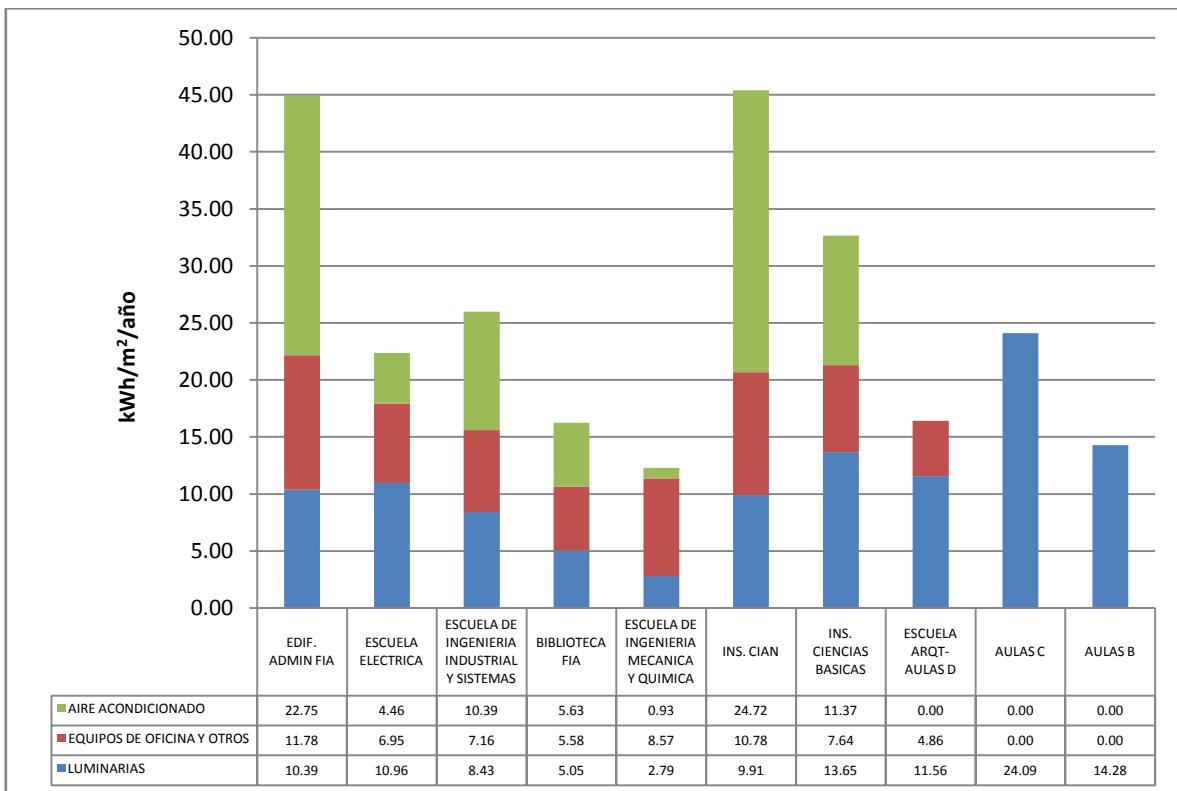
Gráfico 13. Perfil de consumo energético mensual para la Administración y relación de costos por consumo de energía mensual. Fuente: Resultados de Simulación.

Nótese que el mayor consumo del grupo de total de los edificios se encuentra en Administración con 112940.62kWh, con un 20.28% del consumo total del edificio, seguido por la Biblioteca de la FIA con un 100598.93kWh, con un 18.06% del total que se consume para este inmueble y, el edificio de las Escuelas de Ingeniería en Sistemas Informáticos e Industrial con 97569.27kWh, con un 17.52% del total consumido en el edificio. Puede verse también que aunque los equipos de Aire Acondicionado representan un porcentaje significativo de consumo energético para estos tres edificios, no constituyen la mayor carga de los mismos pues el consumo es muy similar en los otros dos rubros, hablando en términos de porcentaje, salvo para la edificación de la Administración como se analizó anteriormente.

Sin en vez de graficar el consumo de energía se grafica el indicador energético consumo de energía por superficie construida se verá un aspecto importante, el grafico 14b) presenta este indicador energético para cada edificio, tal grafico indica que el CIAN es ligeramente mayor que el del Administración, esto es debido al grado de superficie construida de cada inmueble, es decir, el área construida del CIAN es mucho menor que el del Administración, de manera que al realizar la relación del consumo de energía y la superficie construida hace que el indicador energético referido al CIAN se comporte de la manera vista en el gráfico.



a)



b)

Gráfico 14. Perfil de consumos de energía anuales por cada uno de los rubros energéticos y para cada uno de los edificios en estudio, a) Consumo de energía (kWh/año), b) Consumo de energía por superficie construida (kWh/m²/año). Fuente: Resultados de Simulación.

La tabla 10 presenta la superficie construida de cada edificio así como la densidad de personal que hace uso de las instalaciones, hay que destacar que el personal incluye trabajadores, docentes y estudiantes.

Edificio	Área construida (m ²)	Personas
Admón. Académica FIA	2513.99	91
Escuela de Ingeniería Eléctrica	1870.467	125
Escuela de Ingeniería Industrial y Sistemas Informáticos	3755.89	159
Biblioteca de la FIA	6190.56	269
Escuela de Ingeniería Mecánica y Química	3200.44	65
Instalaciones CIAN	1009.17	25
Instalaciones UCB	1564.87	146
Escuela de Arquitectura – Aulas D	1313.1	118
Aulas C	1200.43	338
Aulas B	1200.43	283

Tabla 10. Superficie construida y densidad de personal de cada instalación.

Esto lleva a concluir en dos circunstancias cruciales y que consolida lo expuesto en cuanto a la visualización de la instalación:

1. que la operación de los diferentes rubros del CIAN es inadecuado relacionado a las deficiencias descritas en etapas anteriores, y
2. la densidad de capacidad instaladas en los diferentes rubros, esencialmente la capacidad de los equipos de AA, están sobredimensionado con respecto a la superficie construida.

Se verá más adelante, cuando se tomen las acciones de ahorro, se llega a consumir que esta instalación puede tener una operación normal respecto a la superficie construida con solo condicionar la operación de los distintos rubros instalados.

También hay que observar el edificio de la Biblioteca de la FIA, este edificio es el segundo de mayor consumo de energía, sin embargo, el área construida de este edificio es mayor que el de Administración Académica, por lo que el indicador energético tiende a ser mucho menor. El lector puede hacer el análisis respectivo con respecto a los otros inmuebles.

Otros indicadores importantes para indicar el rendimiento de las instalaciones se pueden observar en el gráfica 15 (véase la tabla 10 para la cantidad de personal por instalación), tanto el consumo de energía por ocupante y costo de energía por ocupante son graficados, observe que el CIAN es predominante inclusive encima del edificio de Admón. Académica de FIA, indicando una vez más que el rendimiento que presenta el CIAN en la práctica es ineficiente.

En el gráfico 16 vemos los mismos datos de consumo para cada uno de los inmuebles representados en porcentajes respecto al consumo total para cada uno de ellos. En el gráfico se puede ver cuánto es el porcentaje de consumo que aporta cada rubro a las distintas instalaciones, observe que el edificio de Administración Académica, Escuela de Ingeniería Industrial e Ingeniería en Sistemas Informáticos, Biblioteca de la FIA y las instalaciones del CIAN representan un porcentaje de consumo de energía de equipos de AA mayor que de los otros rubros, por ejemplo, para el CIAN se tiene un 54.45% de consumo de energía en equipos de AA.

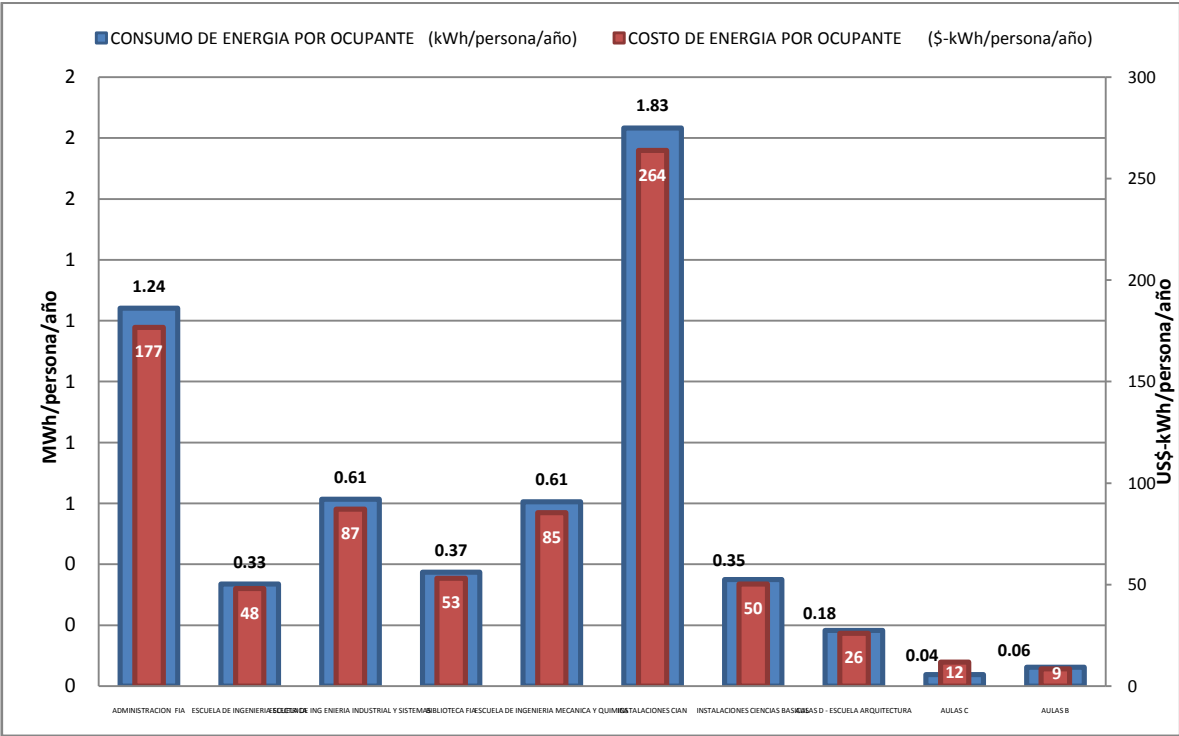


Gráfico 15. Perfil de porcentajes de la máxima demanda de potencia por variables energéticas para cada uno de los edificios. Fuente: Resultados de Simulación.

Otro de los aspectos que vale la pena mencionar es el consumo exclusivo de las luminarias de los edificios B y C (100%) y, podríamos decir, también la Escuela de Arquitectura (un poco más de 70%). Además el edificio C contiene en su red eléctrica un conjunto de luces exteriores a él, así como lo pueden tener otros inmuebles.

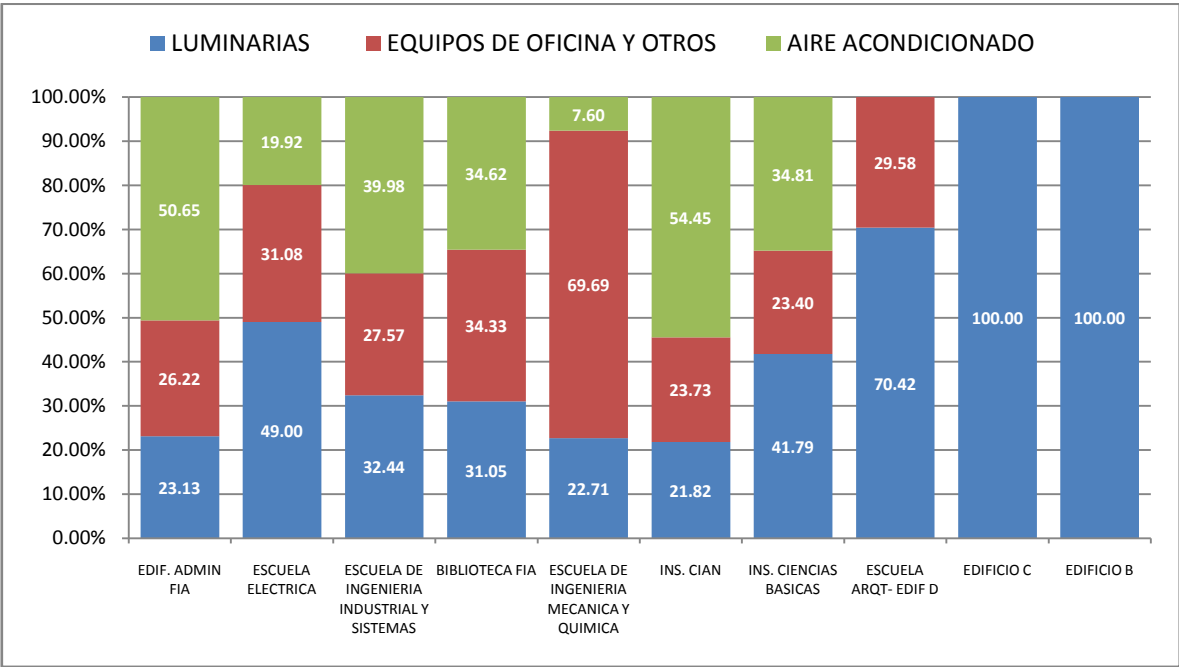


Gráfico 16. Perfil de porcentajes de la máxima demanda de potencia por variables energéticas para cada uno de los edificios. Fuente: Resultados de Simulación.

Cabe mencionar que el consumo en el rubro de equipos de oficina y otros, corresponde entre otros, a equipos que permanecen conectados todo el tiempo como el caso de los servidores y equipos de cómputo para la interconexión de la red e internet y en otros casos son equipos de alto consumo que no se usan siempre como los utilizados en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Es muy importante, no sólo hablar de consumo energético de los edificios, sino también de los costos que éstos atraen. Con respecto a esta idea, en la tabla 11 se encuentran los datos de consumo de energía eléctrica en kWh para cada uno de los rubros mencionados anteriormente, así como el consumo total de cada uno de los edificios también en kWh y el respectivo costo anual en dólares del total de ellos.

En esta misma tabla 11, se encuentran los consumos totales anuales para cada uno de los rubros y de los edificios como el costo total anual.

EDIFICIO	LUMINARIAS	EQUIPOS DE OFICINA Y OTROS	AIRE ACONDICIONADO	CONSUMO ANUAL (kWh)	COSTO ANUAL (\$)
EDIF. ADMIN FIA	26121.6	29617.54	57201.48	112940.62	20987.00
ESCUELA ELECTRICA	20505.68	13007.63	8334.36	41847.67	8330.16
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y SISTEMAS	31653.72	26904.55	39011.00	97569.27	17902.58
BIBLIOTECA FIA	31235.88	34539.34	34823.71	100598.93	18492.55
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA Y QUIMICA	8939.46	27430.62	2991.49	39361.57	7062.08
INS. CIAN	9997.14	10874.84	24947.15	45819.13	8846.72
INS. CIENCIAS BASICAS	21362.31	11963.03	17791.74	51117.08	9598.37
ESCUELA ARQT- EDIF D	15181.74	6376.71	0	21558.45	4018.87
EDIFICIO C	28919.69	0	0	28919.69	5117.79
EDIFICIO B	17147.83	0	0	17147.83	3184.55
TOTAL ANUAL	211065.05	160714.26	185100.93	556880.24	103540.67

Tabla 11. Registro de datos de consumo eléctrico por rubro de energía, consumo anual y el costo anual por cada edificio de la facultad. Fuente: Resultados de Simulación.

El gráfico 17 toma los datos de costos y consumos anuales de la tabla 11 y nos da un panorama sobre el costo monetario en que incurre la Universidad debido al consumo de energía en los edificios de la facultad, se observa que el edificio de Administración aporta una cantidad anual muy significativa, pues al consumir 112940.62 kWh incurre en un costo de \$20987.00, siguiendo los edificios de la Biblioteca con un consumo de 100598.93 y un costo de \$18492.00 y el edificio de las Escuelas de las Ingenierías Industrial y Sistemas Informáticos consumiendo 97569.27 kWh que significan \$179902.27.

Como se mencionó anteriormente, los consumos totales por cada uno de los inmuebles y para cada uno de los rubros, al ser comparados entre sí no muestran una superioridad significativa unos de otros. Del gráfico 18 se puede observar que el consumo total anual para cada rubro del conjunto de instalaciones se mueve en un valor muy cercano entre 30% y 36% siendo en este caso el uso por luminarias el que representa el mayor porcentaje de carga.

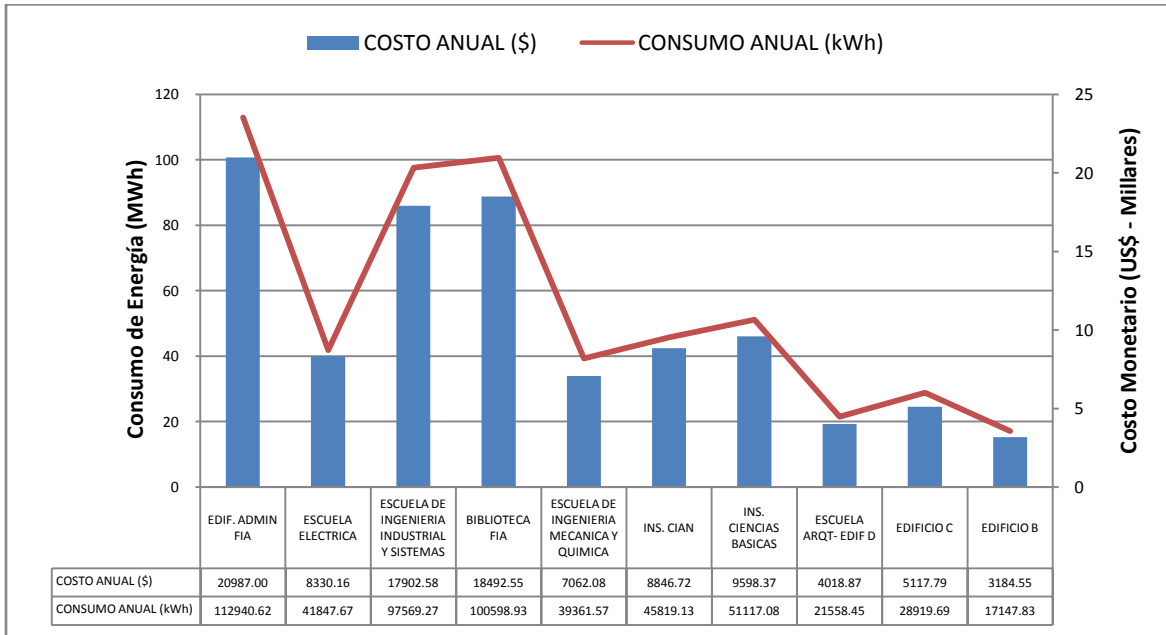


Gráfico 17. Perfil de consumo energético mensual para la Administración y relación de costos por consumo de energía mensual. Fuente: Resultados de Simulación.

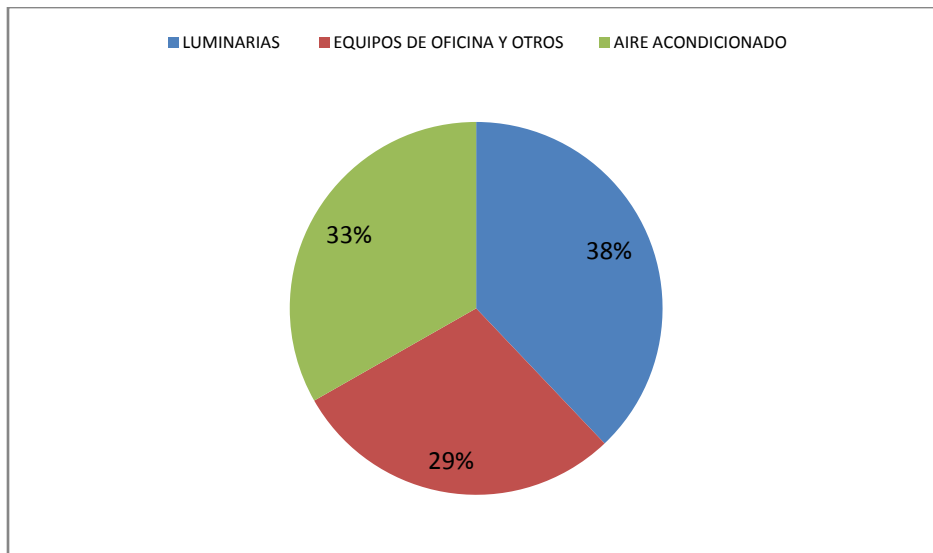


Gráfico 18. Porcentaje de uso de energía por cada rubro energético total para los edificios de la FIA. Fuente: Resultados de Simulación.

3. Modelo de Bajo Consumo de Energía

En la referencia teórica se describió la consistencia de esta etapa (refiérase a la pág. 43). Lo que se pretende aquí es la aplicación de medidas necesarias o las permitidas en las edificaciones cuyos objetivos es disminuir el consumo de energía y demanda de potencia según los rubros con los que posee el edificio.

La referencia a reducir son los resultados obtenidos de los modelos bases de las infraestructuras de la etapa anterior para los cargos en consumo de energía, demanda de potencia y costo de electricidad, es decir atenuar estos cargos debido a la operación ineficiente de los rubros a los que están sujetos los edificios definiendo acciones en las que se aproveche el ahorro, que por lo general estos rubros son:

- Sistemas de iluminación.
- Equipos de oficinas y auxiliares.
- Equipos de Aire Acondicionado.

El sistema a trabajar en esta etapa es la de describir primero cada medida que se aplicara a los edificios de Administración Académica de la FIA y la Escuela de Ingeniería Eléctrica, pero para elegir la medida adecuada hay que tomar en cuenta las deficiencias registradas a la hora de “Inspección Visual” a los edificios (refiérase a la pág. 59), estas deficiencias serán la referencia de la mejor elección de las medidas ahorrativas. A partir de aquí, las medidas aplicadas a los edificios restantes son una derivación de las descritas para los edificios de Admón. Académica de la FIA y la Escuela de Ingeniería Eléctrica, y esto debido a que las deficiencias registradas durante la inspección a los edificaciones son similares tanto en filosofía de diseño arquitectónico como en la operación de los rubros mencionas arriba, por lo que solo se hará mención de ellas.

Algo sumamente importante es que existe una medida elemental y común a todas las infraestructuras que no requiere inversión alguna sino el esfuerzo del personal en tomar conciencia sobre el ahorro en el consumo de energía, medida por la cual se describe a continuación.

3.1. Medida Hábitos de Ahorro Energético

Dentro de las medidas de ahorro de energía, la más esencial es la concientización de ahorro energético que deben tener las personas que hacen uso de las instalaciones. Es muy usual ver que algunas personas dejan activas las luminarias y equipos de oficina cuando no se encuentra en su sitio de trabajo, esta acción posee un ahorro energético potencial el cual no precisa de una inversión monetaria para la aplicación de esta medida, sino que se requiere de la voluntad del operario de cada área en tomar conciencia del uso adecuado de la energía eléctrica. Sin embargo en ocasiones el cambio de actitud debe de acompañarse con la colocación de carteles (la inversión para aplacar esta deficiencia es mínima) en zonas precisas que ayuden al operario a recordar la acción de desactivar las luminarias o equipos eléctricos cuando estos no se utilicen inclusive también advertir de desactivar los equipos de AA cuando no son utilizados. Por ejemplo, colocar viñetas en las computadoras con la inscripción *“Por favor apagar el equipo cuando no lo utilice”* o en el caso de las luminarias *“Por favor encender las lámparas necesarias”*, o algo similar para los otros tipos de sistemas.

Durante la visita, por ejemplo, se puede observar en las imágenes de la figura 14, tomadas del edificio C en un momento donde se impartía clases, se puede apreciar como hay luminarias activas innecesarias en espacio del salón donde no se encuentra ningún ocupante, del cual se puede constatar que no existe un nivel de conciencia favorable por parte de los ocupantes de estos edificios en cuanto a ejercer hábitos de ahorro energético, lo mismo se observó en las otras instalaciones durante las visitas hechas.



Figura 14. Observación del Edificio aulas C, el cual se dejar ver como existe una mala utilización del sistema de iluminación.

A esta actitud personal se le puede asociar otro factor técnico que influye directamente en el consumo de energía, y no es más que *la distribución ineficiente del sistema de iluminación en las distintas instalaciones*, es decir, las distribuciones actuales en los edificios dan lugar a la activación de luminarias innecesarias aun bajo las condiciones del 100%, 60%, 30% de ocupación de las áreas¹⁶, por ejemplo, si se tiene en cuenta que un salón está capacitado para 50 alumnos; sin embargo una clase en particular permite solo 30 alumnos, entonces se sabe que estos alumnos no se sentaran en una zona uniforme equidistante dentro del salón que permita el encendido adecuado de cierto número de lámparas, por el contrario, éstos se acomodan dispersos dentro del salón lo que provoca el encendido de todas las lámparas, lo que es innecesario y puede evitarse como hemos dicho.

Los resultados presentados más adelante constatan el potencial de ahorro que se obtiene en la toma de conciencia energética con solo el hecho de desactivar aquellos rubros innecesarios. En cuanto a la medida de distribución eficiente del sistema de luminarias es descrita más adelante tomando en cuenta factores que ayudan a mantener un mejor control de activación de lámparas.

3.2. Medidas Energéticas para el Edificio de Administración Académica de la FIA

Hay que recordar que este edificio presentaba muchas deficiencias energéticas observadas durante la inspección, para ello se listaran a continuación en forma general:

- La fachada del edificio es índice claro de deficiencia energética, aunque su orientación es la adecuada, la filosofía de diseño arquitectónico no es considerado eficiente debido a los resultados reflejados en el consumo energético.
- No se considera la ventilación natural en áreas donde si es permitida, cuyo efecto daría lugar a la disminución de temperaturas acarreado una disminución en la carga térmica para la operación de los equipos de A.A.
- El sistema de distribución de luminarias no es eficiente, aunque sea posible que se hizo la consideración de la luz natural en el diseño del sistema de iluminación aun así la conexión eléctrica no es la adecuada.

¹⁶ Para una mejor comprensión de estos términos refiérase a la sección “Diseño eficiente de distribución de iluminación”, pagina 90.

- Existe una mala distribución de los equipos de A.A., los especialistas en esta área no consideran un buen diseño para dimensionar la mayoría de los equipos instalados.

De estas deficiencias se tomara las adecuadas medidas ahorrativas de manera que ayuden a reducir los fenómenos visualizados en la infraestructura. Las medidas a ser aplicadas se han establecidos en tres grupos tales como:

1. *Los Hábitos Energéticos.*
2. *Diseño eficiente de distribución de luminaria.*
 - a. *Consideración de luz natural*
 - b. *Colocación de tragaluces*
3. *Condicionamiento de confort interno.*
 - a. *Colocación de cortasoles en la fachada del edificio.*
 - b. *Eliminación de equipos de A.A.*
 - c. *Aislación térmica en divisiones internas y externas.*
 - d. *Escape de calor almacenado en el espacio que existe entre el cielo falso y el techo.*
 - e. *Disponibilidad de ventilación natural.*

Cada una de estas medidas reduce los cargos en un porcentaje respectivo, sin embargo el ahorro final se hace por medio de la combinación de las medidas, produciendo el porcentaje total de ahorro resultado de la aplicación de las medidas, los grupos citados anteriormente son referentes para las otras instalaciones.

3.2.1. Diseño Eficiente del Sistema de Iluminación

En la sección de “Inspección Visual de los Edificios” se mostró la distribución actual de luminarias de este edificio (véase figura 11 de esa sección), al estudiar esta distribución y tomar en cuenta la inspección visual al edificio se observó que existe la deficiencia de activación de luminarias innecesarias de las áreas ocupadas, tomando en cuenta el ingreso de luz natural, es decir, si se toma como ejemplo la oficina del vicedecano, esta área cuenta con 4 lámparas de 3x32 Watts tipo T08 (384 Watts no se considera el balastro) controladas con dos interruptores. Entonces, cuando se ingresa al área el usuario tiende a encender el

100% de las luminarias sin pensar que solo puede necesitar la mitad de activación del total de las lámparas, acción por la cual se puede ahorrar el 50% de consumo de energía en esa área particular, sumado a esta deficiencia existe también la colocación de persianas interiores que dado a la actitud privada del usuario tiendan a mantener las persianas cerradas prohibiendo el aprovechamiento de luz natural donde se puede obtener un ahorro del 50% al 75% de consumo de energía.

Una de las medidas consideradas en esta sección es la de diseñar una correcta distribución de las lámparas considerando la luz natural, por lo tanto la eliminación de las persianas interiores es esencial en esta medida. Las variables por la cual se dependerá son la entrada de luz natural y el porcentaje de ocupación de área. La figura 15 muestra el prototipo de control de luminarias con las variables a trabajar.

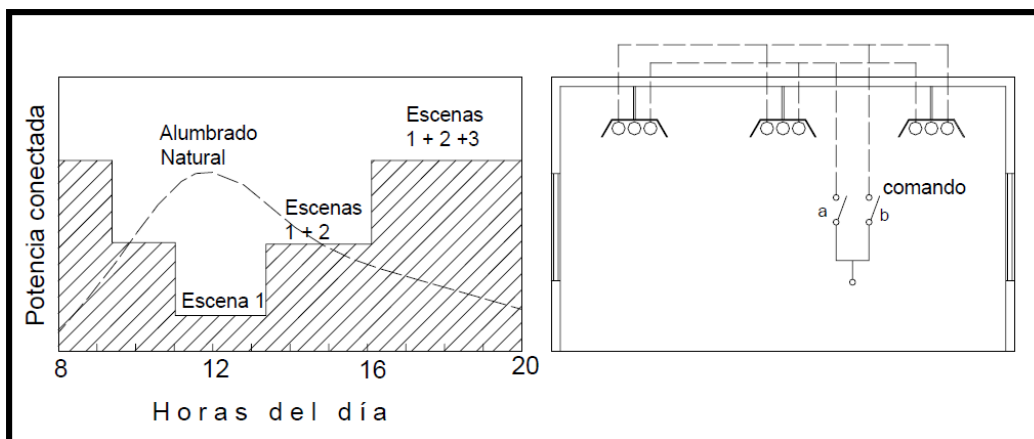


Figura 15. Coordinación manual entre alumbrado natural y artificial. Se emplean 2 circuitos para obtener 3 escenas de luz. El circuito a conecta 1 lámpara por luminaria (escena 1=33% de la potencia instalada). El circuito b conecta 2 lámparas por luminaria (escena 2 = 66% de la potencia instalada). Con los circuitos a y b operando simultáneamente se conecta el 100% de la carga (escena 3).

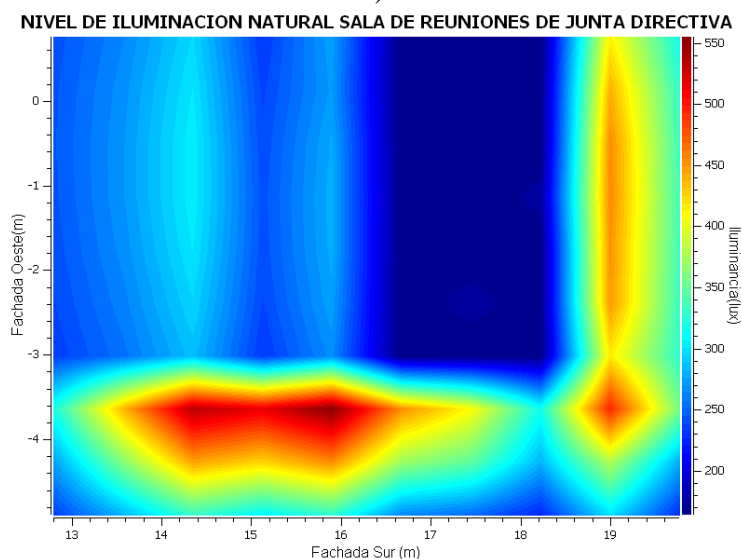
Observe como trabaja el control de luminarias (cuadro de la derecha) de acuerdo al alumbrado natural (línea segmentada del cuadro de la izquierda), se presentan 3 escenas con un control del 33%, 66% y 100% de la potencia instalada según el ingreso de la luz natural y el porcentaje de ocupación del área. Algo importante en la escena 3, en donde se establece que el encendido de luminarias será el total de la potencia instalada, sin embargo al considerar el alumbrado natural no significa que la totalidad de lámparas serán activadas sino las necesarias cuando el área este al 100% de ocupación. Esto significa que existirá

otro interruptor que maneje las luminarias restantes si en caso se utilice el total de las luminarias, recordar que todo el control es manual dando pauta a que se encienda la cantidad necesaria según el área ocupada, así queda en la concientización del usuario acatar las recomendaciones necesarias, he aquí la importancia de la actitud ahorrativa.

Al realizar el análisis de luz natural, resulto que la necesidad de activación de luminarias en ciertos casos es innecesaria pues la cantidad de luz natural entrante a los recintos es suficiente para realizar las actividades, exceptuando los pasillos. Por ejemplo, si se analiza la Sala de Reuniones de Junta Directiva (tercer nivel), la luz entrante para este recinto es el necesario para las reuniones tal como lo muestra la figura 16a, nótese la claridad de iluminación con la cual se puede ejercer cualquier actividad sin la activación de luz artificial y aun con las persianas interiores cerradas.



a)



b)

Figura 16. a) Observación de la claridad en el área de la Sala de Reuniones de Junta Directiva del edificio de Administración Académica de la FIA. b) Niveles de iluminancia natural (lux) de dicha área de simulación. Fuente: Resultados de Simulación.

La figura 16b muestra el gráfico de los niveles de iluminancia para esta zona, recuérdese que la referencia de iluminancia para una sala de conferencia es de 500 luxes¹⁷, por lo que el resultado del análisis informático arroja un nivel de iluminancia promedio de 288.16 luxes, entonces si esta área estuviera ocupada al 100% solo necesitaría la activación de 13 tubos fluorescentes lo cual significa la activación de 4 luminarias en total, tales cálculos hace constatar que no es necesaria la activación de todas las lámparas, la tabla 12 muestra los niveles de iluminancia promedio y la cantidad de lámparas necesarias para cada recinto, esta cantidad es para el 100% de ocupación, recordar la visibilidad del área con la que se puede trabajar que se observa en la figura 16, observe en la tabla 12 que en algunos casos el nivel de iluminancia está por encima del nivel de referencia por lo que no es necesario el cálculo de cantidad de luminarias ya que el ingreso de luz natural es suficiente para iluminar el área, sin embargo para estos casos lo que se hizo es distribuir el sistema de iluminación de acuerdo a los porcentajes del 85%, 66% y 33% de la potencia instalada¹⁸, de igual manera se realizó este sistema para aquellas áreas en donde la cantidad de tubos es de 1.

Un apartado importante es que los resultados de iluminancia se hicieron con la medida de colocación de cortasoles, tal medida se aborda en la siguiente sección, por lo que, aun con la colocación de cortasoles nos permite obtener un ahorro considerado condicionando el sistema de iluminación.

Si se considera la actual distribución de luminarias de la Sala de Reuniones de Junta Directiva, el empleo de la nueva distribución queda como se muestra la figura 17, observe el control de luminarias para esta distribución y compárela con el sistema actual que posee el edificio.

En esta nueva distribución se cumple el hecho acerca del porcentaje de control con respecto a la luz natural descrito anteriormente y según el porcentaje de ocupación del área, es decir, el interruptor “c” controla el 9% de la potencia instalada, la combinación del interruptor “c” y “d” controla el 27% de la potencia instalada, los interruptores “a”, “c” y “d”, controlan el

¹⁷ Estos cálculos se hicieron bajo el método de lúmenes considerando las referencias de iluminación de The Lighting Handbook.

¹⁸ EnergyPlus me permite manejar 85%, 66% y 33% de la potencia instalada de lámparas.

45% de la potencia instalada, por último si se requiere de la activación del 100% de la potencia instalada tendrá que accionar todos los interruptores presente. Con esto se vigoriza el sistema de control y se define aun más estricto del descrito anteriormente.

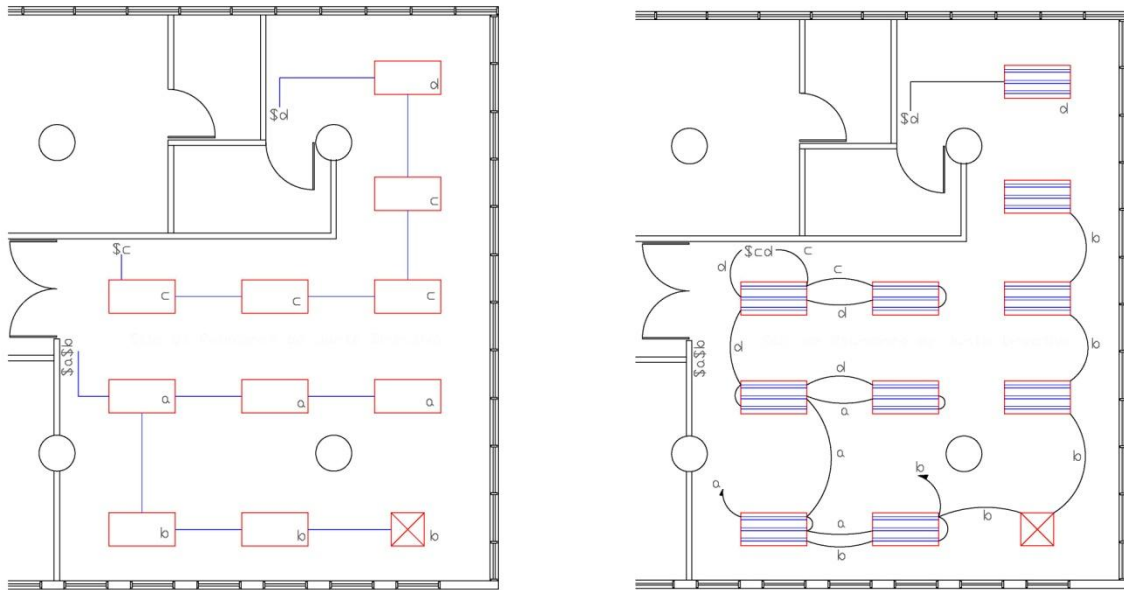


Figura 17. Diseño actual y propuesto del sistema de iluminación para el Salón de Reuniones de Junta Directiva del edificio de Administración Académica de la FIA.

3.2.2. Medidas para Aminorar la Operación de los Equipos de Aire Acondicionado

Prácticamente esta medida se compone de cinco elementos, los cuales son:

1. Colocación de cortasoles en las fachadas del edificio.
2. Eliminación de equipo AA sobrado en el pasillo del tercer nivel.
3. Instalación de cámaras térmicas para choques de temperaturas.
4. Aplicación de aislación térmica en zonas climatizadas.
5. Posibilitar la ventilación natural en aéreas que lo permitan.

Ya se mencionó con anterioridad que el mayor consumo energético para este edificio se ve reflejado en los equipos de AA, el lector puede apreciar este rubro en el gráfico de la sección “Modelo Base de Consumo de Energía”, las medidas descritas en esta sección ayudaran a disminuir este fenómeno.

Nivel 1	Iluminancia (lux)	Cant. De Tubos	Cant. De Lámparas
Colecturía	291.95	3	1
Atención al estudiante	501.38	---	---
Sala de internet	605.75	---	---
Laboratorio de centro de computo	466.44	1	---
Laboratorio de computo avanzado	301.28	5	2
Servidor	309.90	1	---
Centro de elaboración de documentos	233.86	4	1
Impresiones	233.86	4	1
Nivel 2			
Administrador académico	356.39	1	---
Apoyo Inf. Admon. Acad.	201.14	2	1
Sala de reuniones	382.69	3	1
Administración financiera	273.87	7	2
Bodega	218.60	2	1
Secret. U. Post Grado	330.17	1	---
Unidad de post grado	299.40	3	1
Unidad de planificación	293.86	3	1
Unidad de investigación	277.23	2	1
Unidad de mantenimiento	232.32	2	1
Administrador financiero	260.04	1	---
Administración FIA-NET	217.62	2	1
Archivo de Admón. Financiera	224.00	2	1
Conserjería	203.21	2	1
Administración académica	153.83	11	4
Nivel 2			
Asistentes secretario FIA	314.68	2	1
Asistente de Vicedecano	293.01	2	1
Oficina Comité Técnico Asesor	317.05	2	1
Asistente de decano	101.68	6	2
Sala de Reuniones de junta directiva	288.16	13	5
Oficina del decano	249.13	6	2
Sala de reuniones del consejo técnico	188.69	5	2
Oficina vicedecano	183.05	5	2
Secretario FIA	206.04	5	2

Tabla 12. Calculo de la cantidad necesaria de tubos y lámparas de acuerdo al ingreso de luz natural para el Edificio de Administración Académica de la FIA.

3.2.2.1. Colocación de Cortasoles en las Fachadas del Edificio

Antes que nada se define como **cortasol** al elemento diseñado para ser utilizado en fachadas de edificios de manera que bloqueen la incidencia directa de los rayos solares. Un ejemplo práctico de aplicación de cortasol se puede ver en las imágenes de la figura 19, observe la función de estos elementos en cuanto al bloque de los rayos solares. Para las dimensiones de los cortasoles modelados en esta medida, se determino el ángulo solar y altura solar para los días de solsticios de invierno y de verano (ver figura 18), tanto en la fachada sur como en la norte, las dimensiones de los cortasoles son de 2.77 metros y 0.73 metros¹⁹ de saliente respectivamente.

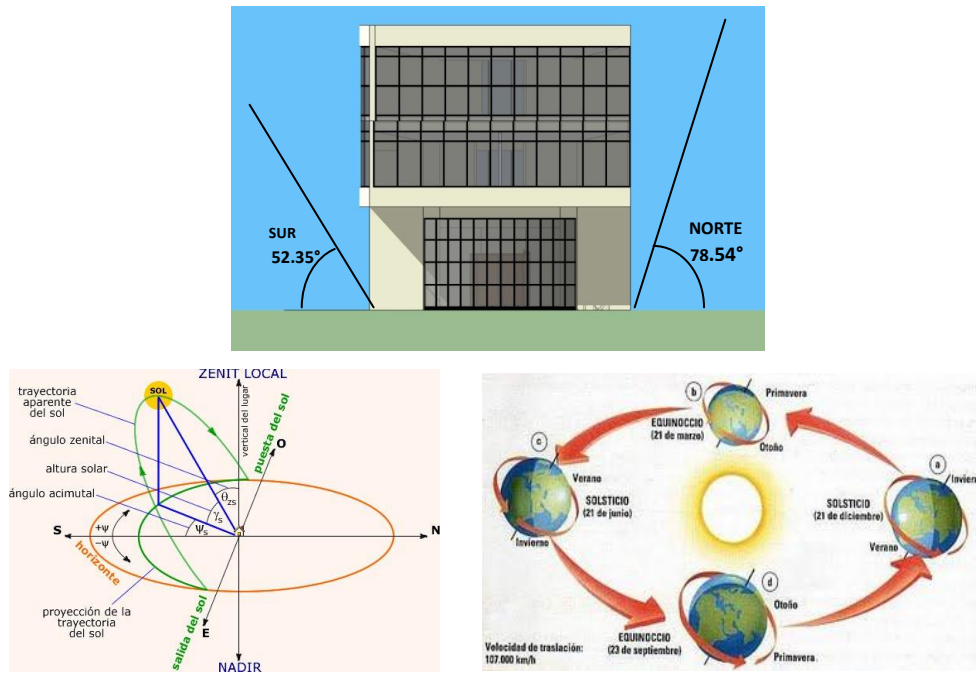


Figura 18. Criterios técnicos para el cálculo de las dimensiones de los cortasoles a implementar en el edificio de Administración Académica de la FIA.

Para las fachadas Oeste y Este se determinaron los ángulos solares para la hora 10:00 am y 03:00 pm, dando como resultados cortasoles de 3 metros de saliente tanto para la fachada Este como la fachada Oeste. Sin embargo 3 metros es muy grande por lo cual se dividió en 4 para colocar cortasoles de 0.75 metros a lo largo de la altura de las ventanas.

¹⁹ Recordar que los ángulos utilizados son los proyectados hasta el 1º nivel. Esto permite obtener proyecciones de sombras abarcando los tres niveles, el método de cálculo se puede visualizar en Handbook ASHRAE 2009, Shading and Fenestration Attachements, Cahpter 15, page 15-29.



19a. Edificio de la facultad de Medicina de la UES



19b. Hospital Benjamín Bloom

Figura 19. Ejemplo de cortasoles en a) Edificio de la facultad Medicina UES, b) Hospital Benjamín Bloom.

En la figura 20 podemos ver la modelación de estos elementos, recordar que aquí solo se presenta la modelación en EnergyPlus, un Arquitecto puede incidir en la estética de los cortasoles a utilizar en la práctica.

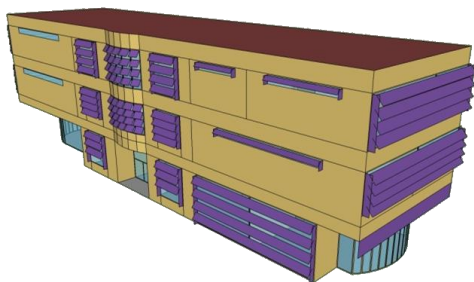


Figura 20. Modelación de los cortasoles en el edificio de Administración Académica de la FIA, a través del plugin OpenStudio.

3.2.2.2. Instalación de Cámaras Aislantes para choques de Temperaturas

La entrada y salida de los pasillos del segundo y tercer nivel tienen un efecto de importancia y este no es más que los cambios bruscos de temperatura que se sienten ya sea entrando al pasillo (cambio de temperatura alta a baja) o saliendo del pasillo (cambio de temperatura baja a alta). La deficiencia de este efecto es el ingreso de calor almacenados en las áreas de gradas a los pasillos climatizados cada vez que una persona ingresa o sale de tales áreas, aumentando la carga térmica a climatizar.

Esto implica que los equipos de climatización aumentan su operación elevando el consumo energético, por lo que se da pauta a la creación de una medida que disminuya este efecto. La solución a este fenómeno es la colocación de cámara aislante a las entradas de los pasillos, y no es más que una sección entre la puerta actual de entrada en los pasillos y una división con puerta a 1.50 metros antes (ver figura 22), dando lugar a que los golpes de temperaturas no sean muy severos por lo que la modelación de estas cámaras se puede apreciar en la figura 21.

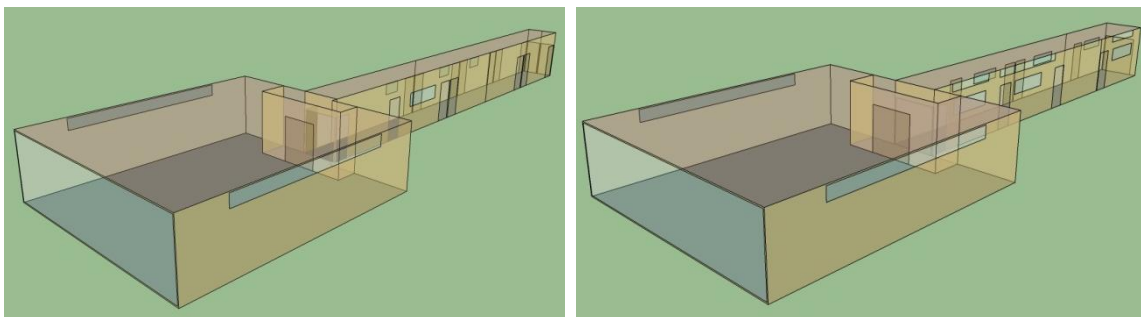


Figura 21. Modelación de las cámaras térmicas para el segundo y tercer nivel del edificio de Administración Académica de la FIA.

En la práctica real esto ayudaría a la operación eficiente de los equipos de aire acondicionado y simultáneamente es una medida conveniente dado la comodidades que este efecto produce en el personal, esta medida es aun más beneficiada cuando se aplique las condiciones de aislación térmica, tal circunstancia es descrita en la siguiente sección.

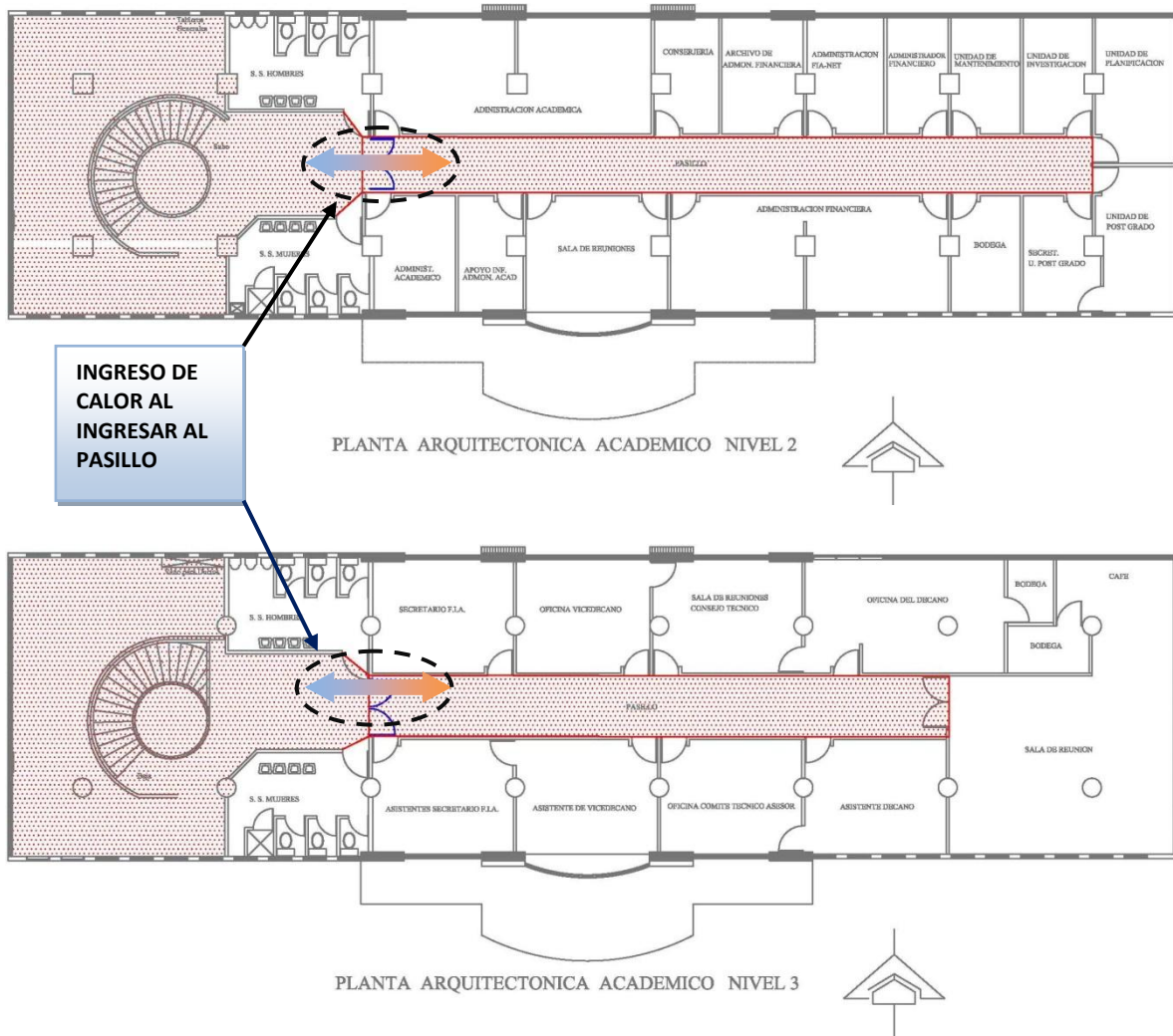


Figura 22. Indicación de áreas donde ocurren los golpes de temperaturas tanto del segundo como del tercer nivel del edificio de Administración Académica.

3.2.2.3. Aplicación de Aislación Térmica en Zonas Climatizadas

Las divisiones internas que separan los diferentes locales están compuestas por dos superficies de tabla roca (o tabla yeso) de 10mm de espesor separadas por un espacio de aire de 10 cm. Todas las divisiones internas tienen esta composición y aun las divisiones propuestas en la medida anterior al ser considerada para su instalación mantendrían la misma configuración. Sabemos que el aire seco es un buen aislante térmico (ver propiedades físicas en la tabla 13 página 101), sin embargo el aire que se encuentra al interior de las divisiones no es tratado por lo que su condición de aislación térmica no es apta, hay que añadir también la condiciones de fuga e infiltración de aire a estos espacios,

esto hace cambiar las diferentes propiedades físicas del aire que pueden repercutir en las condiciones de climatización del área.

En la práctica se utiliza mayoritariamente aire con baja humedad gracias a su baja conductividad térmica y a un bajo coeficiente de absorción, sin embargo el aire transmite calor por convección lo que reduce su capacidad de aislamiento. Por esta razón se utilizan como aislamiento térmico materiales porosos o fibrosos, capaces de inmovilizar el aire seco y confinarlo en el interior de las divisiones. Aunque en la mayoría de los casos el gas encerrado es aire común, en aislantes de poro cerrado (formados por burbujas no comunicadas entre si, como el caso del poliuretano proyectado), el gas utilizado como agente espumante es el que queda confinado.

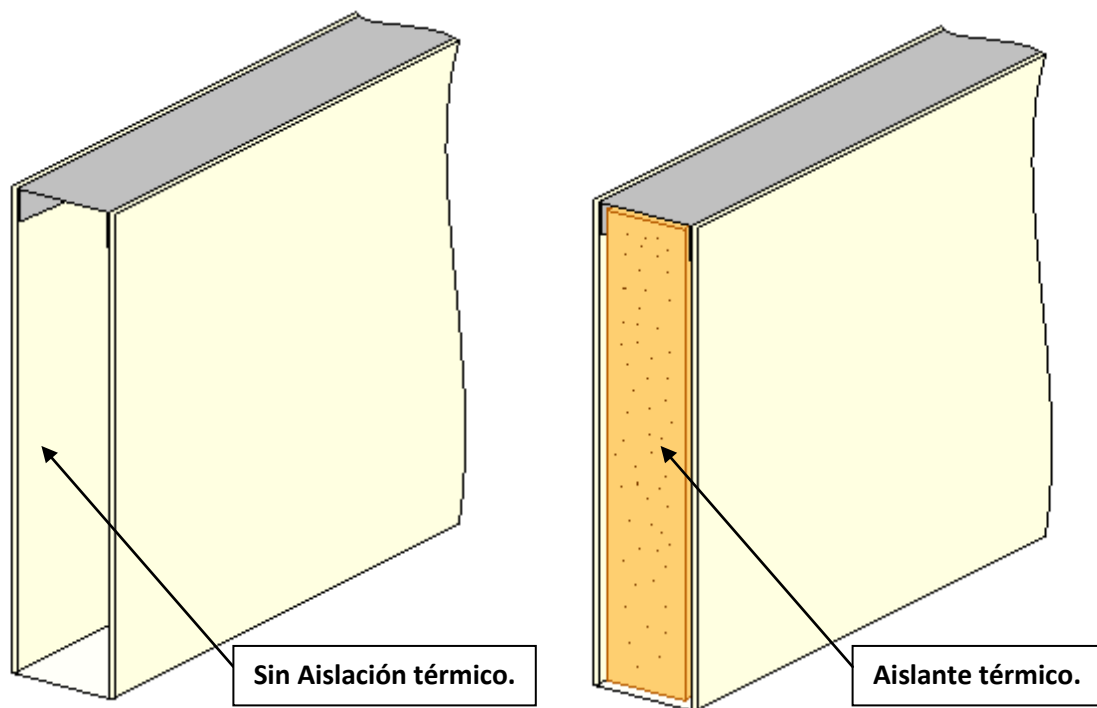


Figura 23. Condiciones actuales y propuestas de aislación térmica en las divisiones que separa las distintas áreas internas al edificio de Administración Académica de la FIA.

En la figura 23 muestra la situación actual de las divisiones instaladas en el edificio y después de colocar el aislante térmico en las divisiones, debido a que existe una variedad de materiales utilizados para la aislación térmica del tipo fibroso, se elige un material adecuado de manera que cumpla con las normalizaciones y así tener los resultados que se

requieren. La tabla 13 muestra los materiales más usados en la industria con sus respectivas propiedades, sin embargo después de unas mediciones virtuales con los distintos materiales se eligió la *lana de fibra de vidrio* porque presentaban un buen ahorro y por su comodidad en cuanto al costo que representa.

Esta medida se complementa con la anterior, las divisiones de las cámaras de aire deben de aislarse térmicamente de manera que el flujo de calor que se intercambian en esas áreas disminuya.

MATERIAL	AIRE	FIBRA DE VIDRIO	FIBRA MINERAL	CELLULAR GLASS
PROPIEDADES				
Densidad (kg/m^3)	1.2	140	26	130
Conductividad térmica, k, ($W/m\cdot K$)	0.024	0.036	0.052	0.048
Resistencia térmica, R, ($m^2\cdot K$)/ W	0.251	2.77	1.92	2.08
Calor Especifico, ($kJ/kg\cdot K$)	1.012	0.96	0.71	0.75

Tabla 13. Propiedades físicas de distintos materiales aislantes utilizados en la industria. Fuente: Handbook ASHRAE 2009, Heat, Air, and Moisture Control in Building Assemblies – Material Properties, table 4.

3.2.2.4. Posibilitar la Ventilación Natural en Áreas que lo Permitan

Esta medida se aplica solamente a aquellas áreas que permitan la circulación de flujo de aire interior, tal es el caso de las áreas de gradas de segundo y tercer nivel. Esta deficiencia es tal, que las temperaturas que se generan en esos recintos son altas, sobre todo a horas de la tarde, cuyo efecto se puede evitar con la apertura de las ventanas localizadas en la fachada norte, sur y oeste.

El tipo de flujo de aire que se aplica es el llamado **cruzado**, y consiste en que el flujo de aire atreviese el recinto tal como se puede apreciar en la figura 24, obsérvese como es lo bien o lo mal de una ventilación natural, actualmente en el edificio no se cuenta con esta capacidad ya que los usuarios mantienen cerradas las ventanas exteriores. Las áreas marcadas de las figura 25, muestra los sitios donde se aplicará la ventilación natural.

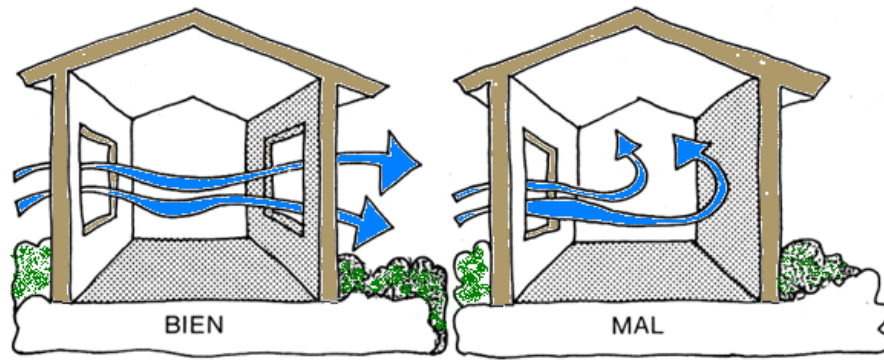


Figura 24. Ejemplificación de cómo debe realizarse una adecuada ventilación natural.

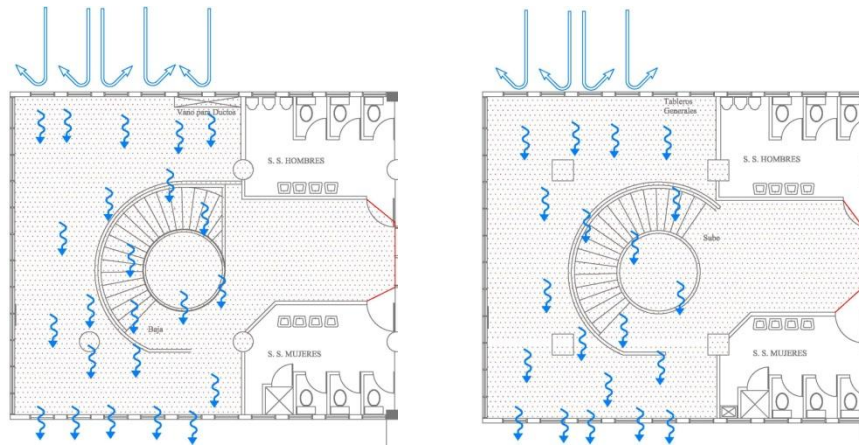


Figura 25. Áreas de aplicación de ventilación natural en el edificio de Administración Académica de la FIA. A la izquierda corresponde el área de gradas de segundo nivel y a la derecha corresponde el área de gradas del tercer nivel.

Ya se estableció que el edificio está en una posición factible para la ventilación natural, por lo que esta medida sería útil en la operación eficiente del edificio. Para tener una óptima circulación de aire y la adecuada modelación en EnergyPlus, se debe de considerar las condiciones del tipo de ventana.

Actualmente las ventanas instaladas en el edificio son del tipo **abatible con eje horizontal superior**, que tienen un índice de efectividad del 75% para la ventilación natural tal como lo muestra la figura 26. También, tomar en cuenta las filtraciones de aire ocurridas tanto en las ventanas como en las paredes, del cual se puede calcular siguiendo las recomendaciones de la norma 1997 ASHRAE Fundamentals Handbook, F25, pagina 25.18, tabla 3 – Effective Air Leak Areas.

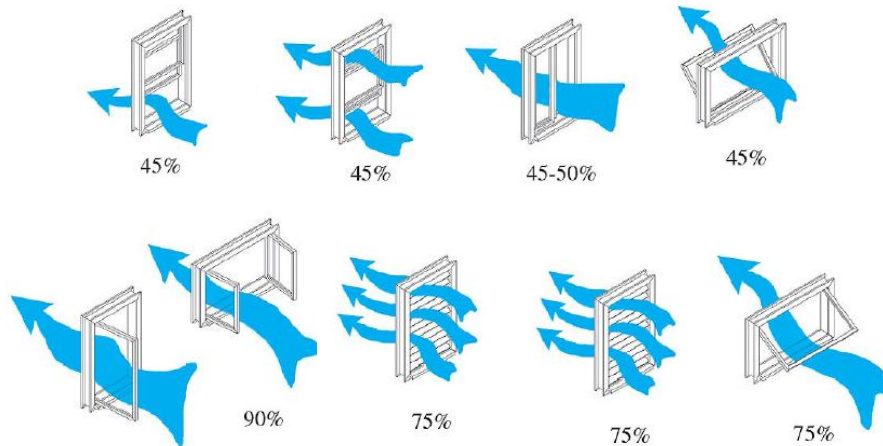


Figura 26. Efectividad de ventilación natural para las distintas tipos de ventanas. Fuente: HandBook ASHRAE, Fenestration Components, Chapter 15, page 15-1.

3.2.2.5. Eliminación de Aire Acondicionado del Pasillo del Tercer Nivel

Anteriormente se mencionó acerca de la distribución de los equipos de climatización existente en este edificio (véase figura 12 de la sección “Inspección visual” de los distintos edificios identificados), si se centra el estudio en el tercer nivel, se observa que existe un equipo de AA climatizando el pasillo y áreas adyacentes a éste, del que se puede concluir que la instalación de dicha unidad fue sin razón técnica, es decir, no hubo un análisis válido que definiera la necesidad de instalación de ese equipo.

La medida a tomar aquí es la eliminación de este equipo de AA, sin embargo se debe justificar el porqué tomar esta medida drástica, lo cual cito tres razones a continuación que son parte de las medidas tomadas para adecuar el confort interno del edificio:

- a. La colocación de los cortasoles da como resultado la reducción de la carga térmica debido al bloqueo de la incidencia de los rayos solares sobre las fachadas del edificio, especialmente sobre las ventanas, por lo que produce una reducción de las temperaturas internas.
- b. El mismo efecto que se produce al colocar los cortasoles ocurren también con la colocación de las cámaras aislantes y la aislación térmica, esto permite que el calor generado en las áreas de la gradas no sea transferido al interior del pasillo, evitando que la temperatura interna en el pasillo se vea incrementada por la transferencia de

calor entre ellas, lo que de forma contraria, forzaría el ciclo de trabajo de los equipos de aire acondicionado, como es el caso operación actual de estos equipos.

- c. La circulación de la ventilación natural hacia el interior de zonas que lo permitan, posibilitan la disminución de temperatura en esas áreas de manera que se reduzca también las temperaturas en áreas adyacentes, ejemplo de esto, el permitir el ingreso de aire en zonas de las gradas tanto para el primer nivel como el segundo generaría una disminución transferencia de calor a los pasillos respectivos de los niveles por lo que las temperaturas sean menores a las actuales con la que opera el edificio.

Estas razones son criterios suficientes que posibilitan el hecho de eliminación del equipo que climatiza el pasillo del tercer nivel, sin embargo, si se desea mantener una temperatura confortable en el pasillo se puede crear un sistema que permita el flujo de aire helado de las zonas climatizadas al pasillo pero que sea controlado, con lo que, junto con la disminución de temperaturas por parte de la aplicación de las otras medidas se mantiene una temperatura confortable interna al pasillo, sin embargo, para este trabajo basto con solo las medidas aplicadas.

3.3. Medidas Energéticas para el Edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica

Se partirá siempre de las deficiencias que presenta este edificio para elegir adecuadamente las medidas energéticas aplicar, tales deficiencias se mencionan en forma general a continuación:

- Equipos de A.A. deficiente, eliminación de aquellos equipos innecesarios.
- No hay escape de calor interior en la zona del espacio entre el cielo falso y el techo.
- Capacidad del A.A. en el Centro de cómputo es inadecuado.
- Distribución de luminarias es deficiente.

3.3.1. Sustitución de Equipos de Aire Acondicionado Ineficientes

El edificio cuenta con tres equipos de AA de ventana obsoletos ubicados en la dirección, el salón del equipo de servidor y en la secretaría, y uno del tipo central instalado en el centro de cómputo. La información técnica de estos equipos se encuentra en la tabla 14, junto a los equipos de reemplazo para mejora de la eficiencia energética.

Aquellos equipos de AA obsoletos serán sustituidos por otros con parámetros más eficientes, siendo de las mismas capacidades de enfriamiento que los equipos actuales.

Para el equipo que climatiza el espacio que corresponde a la secretaría, se requiere una medida diferente, se debe retirar por completo el equipo de AA de ventana, y se propone la instalación de un ventilador de techo en la oficina de la secretaría, con un consumo aproximado de 60 W. Sumado a esto, se colocan los cortasoles para minimizar el calor excesivo, tal como se muestra en la figura 27.

	ZONA		Centro de Cómputo		Servidor		Dirección	
	CONDICIÓN		ACTUAL	PROPUESTA	ACTUAL	PROPUESTA	ACTUAL	PROPUESTA
	MARCA		Carrier	Carrier	White Westinghouse	YORK	White Westinghouse	YORK
Características	MODELO		38TG060300	24ACS3	AS186L2C2	Y2US18-6A	AS186L2C2	Y2US18-6A
Rendimiento	Capacidad de Enfriamiento	W	16,705	14,067	5,272	3,500	5,272	3,500
		BTU/h	57,000	48,000	18,000	17,800	18,000	17,800
	EER (a)	8	10	6.12	8.9	6.12	8.9	
	COP (b)	2.345	2.931	1.79	2.6	1.79	2.6	
	Flujo de Aire CFM (c)	ft ³ /m	3,000 (1.42 m ³ /s)	4,050 (1.91m ³ /s)	-----	575 (0.27m ³ /s)	-----	575 (0.27m ³ /s)
Eléctricas	Potencia Consumida	W	7,125	4,800	2,940	2,000	2,940	2,000
	Eficiencia Motor Ventilador (d)		0.704	0.704	-----		-----	
	Potencia nominal del motor	W	265	265	-----		-----	
	Caballos de fuerza del motor	HP	¼	¼	-----		-----	
* 1 kW = 3412.1416 BTU/h								

Tabla 14. Datos técnicos de los equipos de aire acondicionado instalados y los propuestos en el edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica. Fuente: Hojas técnicas de los equipos de aire acondicionado.

De un estudio previo que se hizo en el Centro de Cómputo²⁰, se consideró que la capacidad instalada del equipo de Aire Acondicionado de esa área no es adecuada. Actualmente el AA es de 60000 BTU/hr, sin embargo el análisis llevó a que la capacidad que debería ser de 48000 BTU/hr.

²⁰ Estúdiense el Trabajo de Graduación “Aplicación de Simuladores Energéticos”, realizado por José Luis Gálvez Osorto para mayor comprensión.

Por lo que la medida es el cambio del equipo de AA instalado actualmente, por el AA con los datos mostrados en la tabla 14, este equipo no solo es de capacidad adecuada sino que es un equipo eficiente ya que contiene un EER de 10.

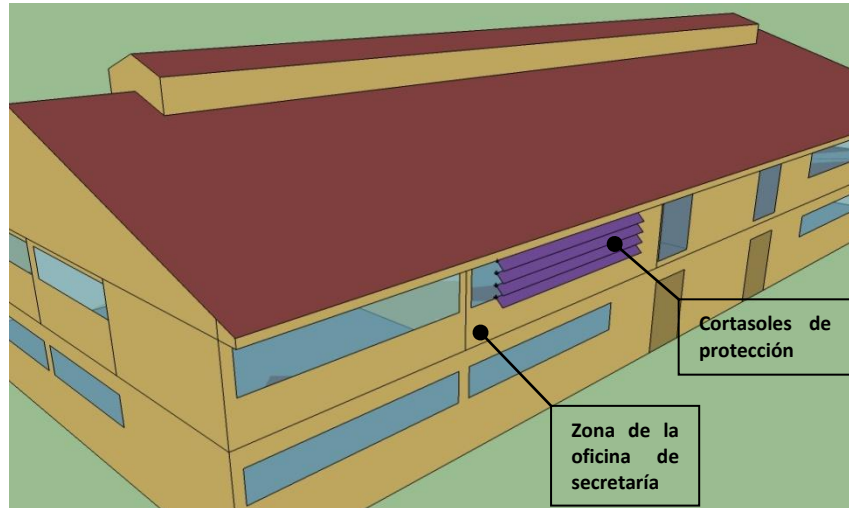


Figura 27. Modelación de los cortasoles en la zona de la secretaria del edificio de la Escuela de Eléctrica.

Aunado a las medidas ya mencionadas para el edificio, es necesario tomar observaciones respecto a la zona entre el cielo falso y el techo de lámina ZincAlum, en la cual se acumula una gran cantidad de calor que es transferida hacia el interior del edificio elevando la carga térmica de las zonas climatizadas y generando incomodidad en los ocupantes de las zonas no climatizadas, tal como se aprecia en la figura 28.

El techo de este edificio consta de dos partes, el **espacio A**, comprendido entre el cielo falso y el techo de lámina ZincAlum y el **espacio B** por encima del techo o espacio A.

La medida propuesta para solucionar la concentración de calor en estas zonas es abrir el espacio B de manera que la circulación de aire sea de forma libre, por lo que la transferencia de calor hacia el interior se verá reducida junto a la de carga térmica en las zonas climatizadas. Las paredes del espacio B se modelan de tal manera que exista un flujo de aire al interior de este espacio y en segundo lugar se modela también el área del techo de lamina del espacio A que es cubierta por el espacio B de manera que exista un escape del calor que se genera en el espacio A.

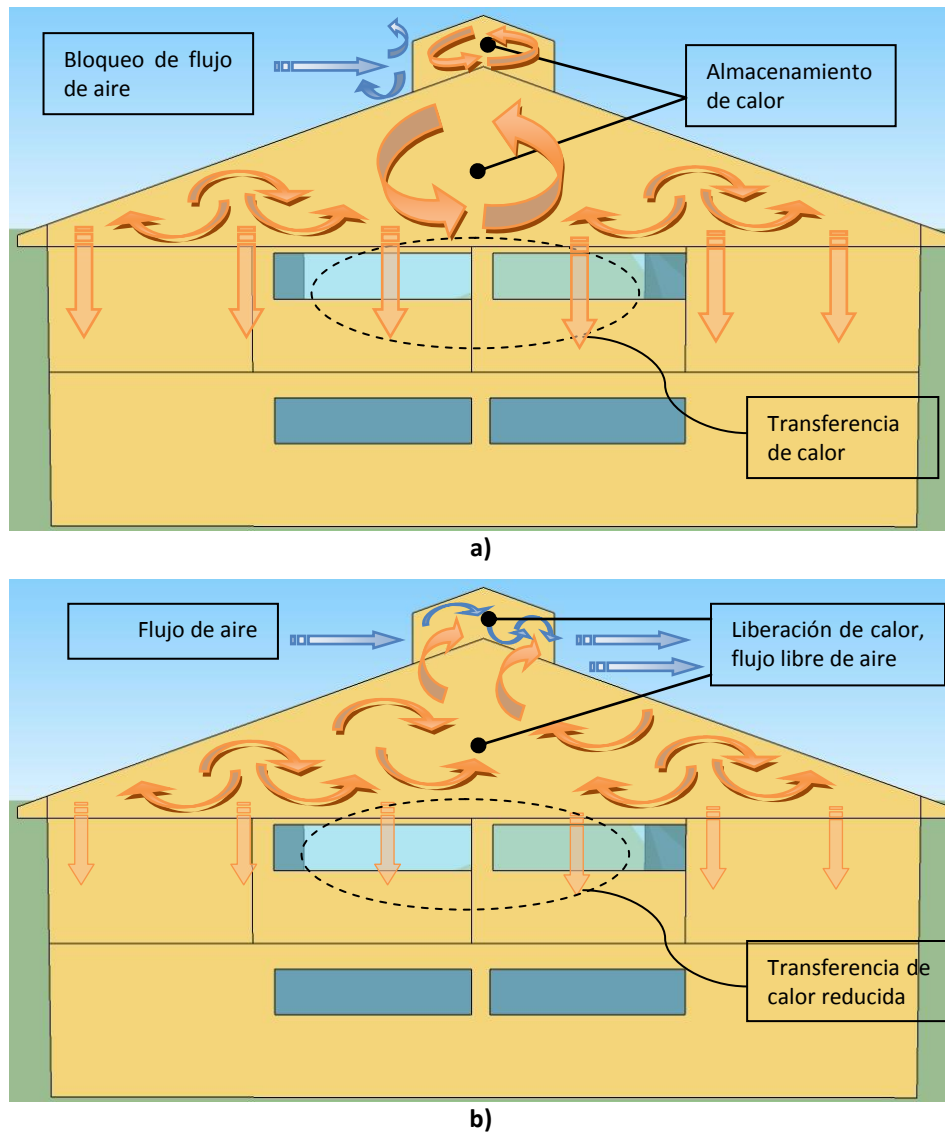


Figura 28. a) Almacenamiento de calor generado en los espacios entre el cielo falso y el techo de lámina ZincAlum del segundo nivel. b) propuesta de liberación de calor en el techo del Edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica.

En la tabla 15 podemos apreciar las temperaturas registradas en la zona que comprende el espacio entre el cielo falso y el techo, comparándolas a la hora de aplicar las medidas citadas anteriormente, para el día 21/03. Acá se puede observar la reducción de la temperatura, lo que supondría lo planteado anteriormente.

Existe un inconveniente a esta medida en la práctica al eliminar la paredes del espacio B y es que se da la entrada a cualquier tipo de animal que pueda resguardarse al interior de los espacios entre el cielo falso y el techo, sin embargo la solución a este inconveniente es la

adecuada colocación de malla ciclón de manera que no permita el ingreso de animales y dejar que el flujo de aire cruce con libertad el espacio B para permitir los resultados deseados de esta medida.

Hora	Temperaturas sin ventilación de aire (°C)		Temperaturas con ventilación de aire (°C)		Hora	Temperaturas sin ventilación de aire (°C)		Temperaturas con ventilación de aire (°C)	
	Espacio A	Espacio B	Espacio A	Espacio B		Espacio A	Espacio B	Espacio A	Espacio B
01:00	22.2	29.6	21.5	25.2	13:00	53.2	48.8	42.2	38.2
02:00	21.8	29.4	21.2	24.9	14:00	53.3	48.5	42.0	37.8
03:00	21.4	29.1	20.8	24.6	15:00	51.0	46.2	40.2	36.2
04:00	21.0	28.9	20.4	24.3	16:00	44.7	41.6	36.5	33.9
05:00	20.6	28.6	20.1	24.0	17:00	39.2	38.0	33.0	32.0
06:00	20.5	28.4	19.9	23.6	18:00	32.8	34.7	29.7	30.0
07:00	22.0	29.7	21.0	23.9	19:00	28.3	32.5	26.7	28.4
08:00	27.3	33.8	25.2	26.6	20:00	26.7	32.0	25.5	27.8
09:00	33.3	37.8	29.9	30.0	21:00	25.6	31.7	24.6	27.3
10:00	40.9	42.1	34.9	33.4	22:00	24.5	31.3	23.7	26.8
11:00	48.4	46.1	39.7	36.2	23:00	23.6	30.5	22.8	26.1
12:00	53.7	49.3	42.6	38.5	00:00	22.7	29.6	22.1	25.5

Tabla 15. Registro de temperaturas en los espacios A y B, entre el cielo falso y el techo y arriba de esta zona, sin y con ventilación de aire. Fuente: Resultados de Simulación.

3.3.2. Diseño Eficiente del Sistema de Iluminación

Similar análisis que se desarrollo en el edificio de Administración de Académica de la FIA se realiza aquí, al igual que el sistema de control de luminarias que se planteó en ese edificio también se presenta aquí considerando los niveles de luz natural que entra al recinto y el porcentaje de ocupación de área.

Sin embargo, en este edificio de la Escuela de Eléctrica hay ciertas áreas que no son alcanzadas por luz natural, tales como *el laboratorio de centro de cómputo, laboratorio de redes, laboratorios de control automático, sala de consulta y bodegas del primer nivel*. Así que se plantea la colocación de **tragaluces tubular** para que los niveles de iluminancia aumenten y así considerar una distribución eficiente de luminarias.

La modelación de los tragaluces se muestra en la figura 29 con los niveles de iluminación de esas áreas. Hay que tener en cuenta que los tragaluces que se colocarán en el centro de

computo, deben de tener propiedades térmicas mínimas de tal manera que no aumente la carga térmica interna a esta zona, así que la elección de estos tragaluces se muestran en la tabla 16, en el que sus propiedades son óptimas para obtener los resultados deseados.

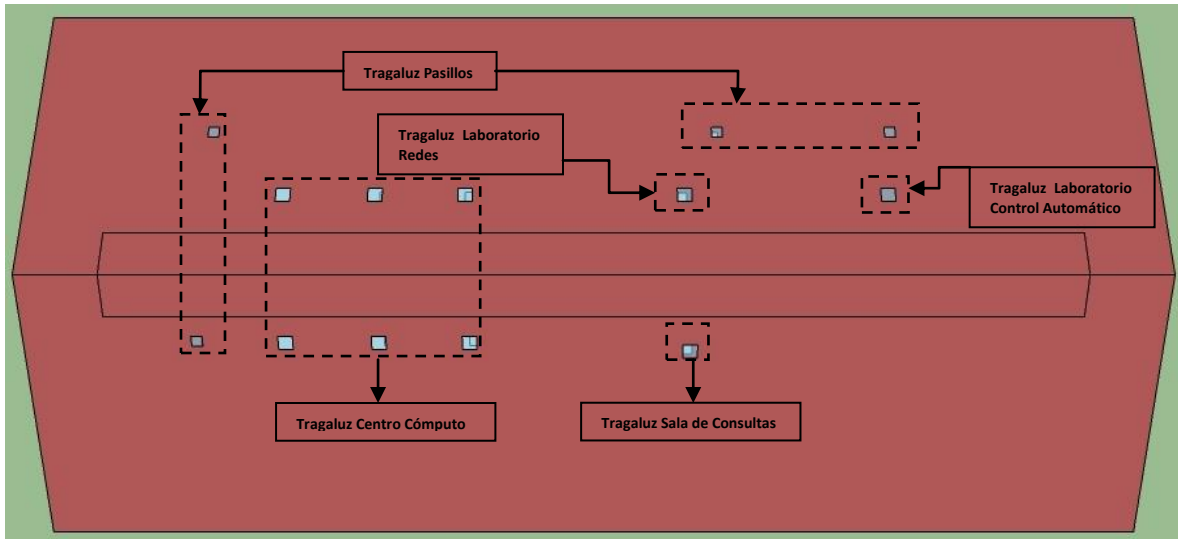


Figura 29. Disposición de colocación de tragaluces en áreas específicas para el Edificio de La Escuela de Ingeniería Eléctrica.

Características	Modelo 160 DS	Modelo 330 DS
Diámetro Domo (m)	0.35	0.53
Superficie de Iluminación (m ²)	14 a 19	25 a 40
Lúmenes	6000 a 9100	13500 a 20500
Longitud del tubo (m)	Hasta 9 metros	Hasta 12 metros
Factor U (W/m ² ·K)	0.43	0.55
Factor SHGC	0.35	0.20

Tabla 16. Características técnicas de tragaluces disponibles en el mercado.

Si se toma el 25 m² de cubrimiento de iluminación del tragaluz para el modelo 330 DS y aplicarlo al centro de computo con una área de 80.11 m², entonces se necesitan la aplicación de 4 tragaluces en esta área, sin embargo se modelo 6 tragaluces dado que el promedio de iluminancia interna no favorecía los resultados con 4 tragaluces, por lo que al colocar 6 tragaluces se tiene un nivel de iluminancia de 234.43 luxes.

Para las áreas restantes, tanto para el primer nivel como el segundo nivel, se determinaron los niveles de luz natural para diseñar una distribución eficiente, hay áreas en que los niveles de luxes están por encima de los niveles de referencia textual, por lo que para estas áreas se planteó el mismo sistema aplicado al edificio de Administración Académica de la FIA, y no es más que la distribución de luminarias de acuerdo al porcentaje de ocupación con respecto a la potencia instalada (33%, 66%, 100% de ocupación respectivamente) de manera similar se hizo para aquellas áreas con niveles de iluminancia de 0, tales niveles se presentan en la tabla 17 junto con la cantidad de tubos y lámparas necesarias.

3.3.3. Modelación del Sistema Fotovoltaico

Este edificio tiene la aplicación del concepto de energía renovable debido al sistema fotovoltaico instalado. Este sistema está conformado por: un sistema aislado de 400 vatios, y un sistema conectado a la red de 2100 vatios trifásico, que utiliza tres inversores Sunny Boy de 700 vatios cada uno, tal como lo muestra la figura 30, en el cual se presenta el esquema de conexión del sistema.²¹

Lo que se pretende aquí es observar la contribución del sistema fotovoltaico a la carga del edificio y visualizar el ahorro tanto en consumo de energía como costos eléctricos que este sistema aporta al edificio. La ventaja del análisis, es que no se incluye la inversión de este sistema por lo que su estudio será simplificado únicamente hacia el comportamiento de ahorro, como adelanto a los resultados, el sistema fotovoltaico genera un ahorro aproximado del 11.11%.

La modelación de este sistema se realiza junto con la aplicación de las otras medidas, es decir, este sistema es incorporado en la combinación de medidas cuya finalidad es la de no evaluar esta sistema independiente.

²¹ Para mayor detalle del sistema fotovoltaico instalado en el Edificio de la Escuela de Eléctrica puede consultar le Tesis: "Instalaciones fotovoltaicas en El Salvador" de Francisco Contreras, Rubén García y Ernesto Pérez o puede visitar la página web <http://www.fia.ues.edu.sv/energiasolar/>.

PRIMER NIVEL		LUXES	Cant. De tubos	Cant. De Lámparas
	AREA VESTIBULAR	324.20	15	5
	LABORATORIO DIGITAL Y CONTROL AUTOMATICO	532.20	----	----
	LABORATORIO DE ELECTRONICA	0	----	----
	LABORATORIO DE SISTEMA LINEAL	0	----	----
	LABORATORIO DE COMUNICACIONES	643.00	----	----
	BODEGA DE EQUIPO	0	----	----
	BODEGA DE EQUIPO	0	----	----
	LABORATORIO DE CONVERSION DE ENERGIA	136.50	14	4
	AREA DE MAQUINAS LABORATORIO DE CONVERSION DE ENERGIA	157.2	12	4
	TABLERO GENERAL Y SISTEMA DE MONITOREO FOTOVOLTAICO	562.24	----	----
	AULA DE POTENCIA	544.00	---	----
	LABORATORIO FOTOVOLTAICO	194.90	7	2
SEGUNDO NIVEL				
	SECRETARIA	171.10	10	2
	SALA DE JUNTAS	736.00		
	CENTRO DE COMPUTO	234.43	18	6
	SALA DE CONSULTAS	248.31	5	2
	LABORATORIO DE REDES	303.50	4	1
	LABORATORIO DE CONTROL AUTOMATICO	288.60	4	1
	DIRECCION	173.40	5	2
	CUBICULO 1 Y SERVIDOR	151.77	6	2
	CUBICULO 2	----	----	----
	CUBICULO 3	----	----	----
	CUBICULO 4	----	----	----
	CUBICULO 5	----	----	----
	CUBICULO 6	----	----	----
	CUBICULO 7	----	----	----
	CUBICULO 8	479.21	0	0
	CUBICULO 9	255.50	5	2
	PASILLO 1	264.51	2	1
	PASILLO 2	349.56	3	1
	AULAS DE CLASES	336.14	14	5

Tabla 17. Calculo de la cantidad necesaria de tubos y lámparas de acuerdo al ingreso de luz natural para el Edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica. Fuente: Resultados de Simulaciones.

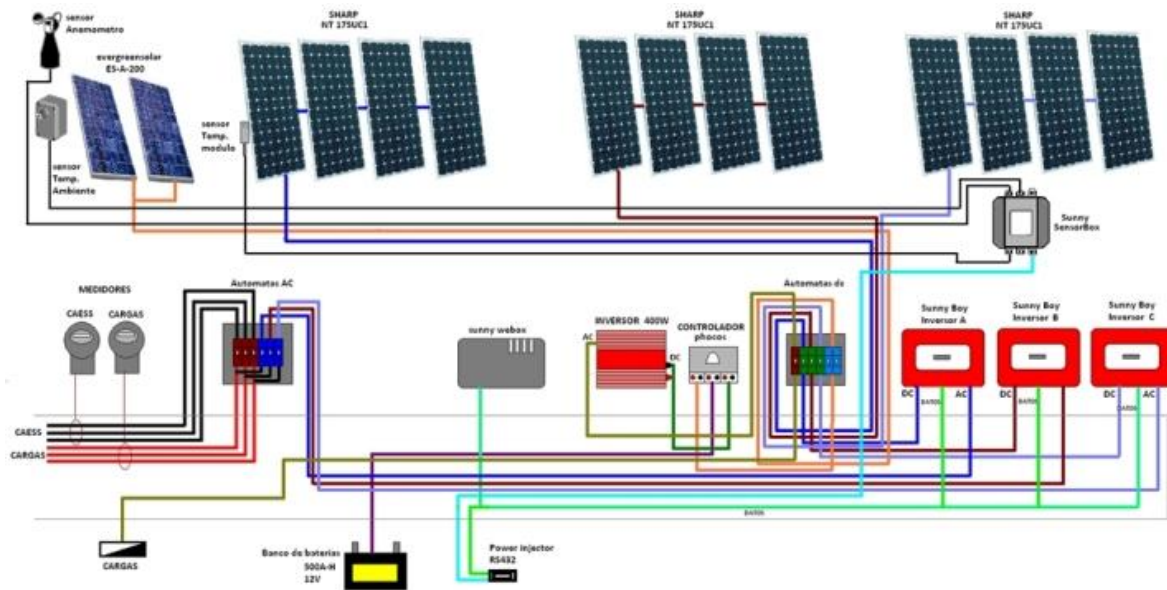


Figura 30. Esquema del sistema fotovoltaico instalado en el Edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica.

3.4. Aplicación de Medidas Energéticas a los Edificios Restantes

Ya se estableció las deficiencias energéticas de los edificios restantes en la sección de “Inspección Visual a los Edificios”, por lo que a partir de estas deficiencias se tomaran las medidas energéticas adecuadas. Sin embargo, las deficiencias de los otros edificios son similares a los de los edificios de Administración Académica de FIA y de la Escuela de Eléctrica, tales como la mala distribución de luminarias, flujo de aire no permitido, etc., dando pauta a la aplicación de medidas energéticas derivadas de las medidas aplicadas a los edificios antes expuestos.

La tabla 18 muestra las medidas de ahorro energéticas aplicadas para los edificios restantes observe que los edificios de Administración Académica de FIA y de la Escuela de Eléctrica están al inicio ya que estos son de referencia, esta tabla presenta las tres categorías establecidas, *hábitos energéticos*, *medidas para acondicionamiento ambiental interno* y *medidas para iluminación*, de las cuales se derivan las respectivas medidas según la acción que se requiere, por ejemplo, las medidas derivadas para el acondicionamiento ambiental interno incluyen *la eliminación de equipos de aire acondicionados seguido de la puestas de ventiladores ya sea de cualquier tipo, la colocación de cortasoles, escape de calor de los espacios entre los cielos falsos y el techo, entre otros*. Notará el lector que la medida de

hábitos energéticos se aplica a todos los edificios, pues como ya se estableció esta medida es importante y común en todas las infraestructuras, sin embargo es difícil de controlar, debido a que no se cuenta y/o no es factible de contratar personal que este solo por el hecho de inspeccionar las áreas en donde se encuentra tal deficiencia. Para aminorar esta deficiencia se propuso de la colocación de carteles en zonas que el personal pueda ver, tal es el caso de los interruptores, en los equipos de oficinas como las computadoras e inclusive en los controles de los equipos de AA. En algún grado esto ayudará al ahorro, sin embargo, la medida de hábitos es aún más relativa que las otras, dado su condición de control.

En el caso de los edificios B, C y D, el uso principal es el funcionamiento de la iluminación, pues son salones de clase a excepción del segundo nivel del edificio D, en donde se encuentra la Escuela de Arquitectura del cual hay cierto porcentaje de utilización de equipos para oficinas, más allá de eso, la irregularidad que presentan estos edificios está en la distribución ineficiente de las luminarias. Para una mejor explicación a este concepto, refiérase al apartado “Diseño de Distribución Eficiente de Luminarias”, anteriormente expuesto. El mismo esquema del sistema de distribución descrito para los edificios de Administración Académica de la FIA y de la Escuela de Eléctrica se siguió en estos edificios con el objeto de mejorar la deficiencia en cuanto a la iluminación.

A continuación se describe de una manera ligera las medidas aplicadas según la tabla 18 para los edificios restantes.

Escuela de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Química:

- Eliminación del AA de ventana del área del director y colocación de ventilador y cortasoles.

- Eliminación del AA de ventana del aula K-21 y permitir el flujo de aire.

- Cambio de todas las luminarias T12 a T08.

Escuela de Ingeniería Industrial e Ingeniería en Sistemas Informáticos:

- Eliminación de AA's Mini Split de la sección de Docentes de Industrial e instalación de ventiladores.

EDIFICIOS	Hábitos Energética	MEDIDAS PARA ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL INTERNO							MEDIDAS PARA ILUMINACION			
		Eliminación de Eq. de AA	Colocación de ventilador	Cambio Eficiente de Eq. de AA	Aplicación de Aislación térmica	Colocación de cortasoles	Escape de calor entre el cielo falso y el techo	Ingreso de Flujo de Aire	Cambio de luminarias T12 a T08	Distribución eficiente de luminarias	Colocación de Tragaluz	Sistema Fotovoltaico
Administración Académica FIA	X				X	X		X		X		
Escuela de Ingeniería Eléctrica	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Escuela de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Química	X	X	X			X		X	X			
Escuela de Ingeniería Industrial e Ingeniería en Sistemas Informáticos	X	X	X		X	X	X	X		X	X	
Edificio de la Biblioteca de FIA	X				X	X	X	X		X	X	
Instalaciones del CIAN	X				X	X	X	X		X	X	
Instalaciones Ciencia Básicas - UCB	X	X	X		X	X	X	X		X	X	
Edificio Aulas D - Escuela de Arquitectura	X							X		X		
Edificio Aulas C	X							X		X		
Edificio Aulas B	X							X		X		

Tabla 18. Matriz de medidas energéticas aplicadas para cada edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

- Colocación de cortasoles en el sector de Docentes de Industrial en áreas climatizadas, también permitir el flujo de aire natural.
- Escape de calor que se almacena en espacio del plenum del tercer nivel.
- Aplicación de aislación térmica en divisiones de tabla roca para áreas climatizadas.
- Distribución eficiente del sistema de iluminación en áreas de mayor uso y colocación de tragaluz en sección de Docentes de Industrial.

Edificio de la Biblioteca de FIA:

- Colocación de cortasoles en áreas climatizadas.
- Escape de calor que se almacena en espacio entre el cielo falso y el techo del tercer nivel.
- Aplicación de aislación térmica en divisiones de tabla roca para áreas climatizadas.
- Distribución eficiente del sistema de iluminación en áreas de más uso.

Instalaciones del CIAN:

- Colocación de cortasol en fachada oeste y este de la Secretaría y en la fachada oeste del Laboratorio.
- Sistema de aislación térmica en divisiones de tabla roca para áreas climatizadas y sobre todo para paredes exteriores para el sector de la Secretaría.
- Escape de calor en las áreas entre el cielo falso y el techo, tanto para la Secretaría como al Laboratorio.
- Distribución eficiente de sistemas de iluminación en áreas de la Secretaría del CIAN así como la colocación de tragaluces.

Instalaciones de CC. BB.:

- Eliminación de AA Mini Split y colocación de ventilador en salón F1 así como el permitir el flujo de aire en esta área.

- Aplicación de cortasol en las ventanas de la fachada este de los cubículos de docentes.
- Escape de calor en los espacios de los entre el cielo falso y el techo para las áreas climatizadas.
- Aplicación de aislación térmica en áreas climatizadas.
- Distribución eficiente de luminarias en todo el sector que corresponde a CC. BB. y colocación de tragaluces para los sectores de F1, F2 y Cubículos de docentes.

Edificio Aulas D - Escuela de Arquitectura, Edificio Aulas C y Edificio Aulas B:

- Implementación de hábitos de ahorro energético.
- Distribución eficiente del sistema de iluminación considerando la entrada de luz natural en las distintas áreas.

En la figura 31, podemos visualizar la modelación de las infraestructuras de campus de la FIA con las medidas propuestas. La modelación de algunas medidas no se visualiza tal es el caso de la ventilación natural o el control de luminarias, ya que estos parámetros son ingresados internos al programa EnergyPlus. Sin embargo algunas medidas como la colocación de cortasoles si es visible en la figura, por ejemplo observe el edificio de Administración Académica de la FIA en cuanto a la puesta de cortasoles y las instalaciones del CIAN y Ciencias Básicas en cuanto a la colocación de tragaluces.

3.5. Medidas Energéticas Aplicadas a los Recursos de Combustible

Aunque no fue posible obtener el consumo que hace la FIA en los recursos de combustibles fósiles (gasolina), sin embargo y de acuerdo a los hábitos comunes que se observan en la utilización de los combustibles fósiles²², se presentan algunas de las medidas que se pueden aplicar para reducir el consumo de estos recursos.

²² Comités de Eficiencia Energética en Instituciones Públicas (COOES). 2,3 y 9,10 de Septiembre de 2010. Capacitación Inicial.

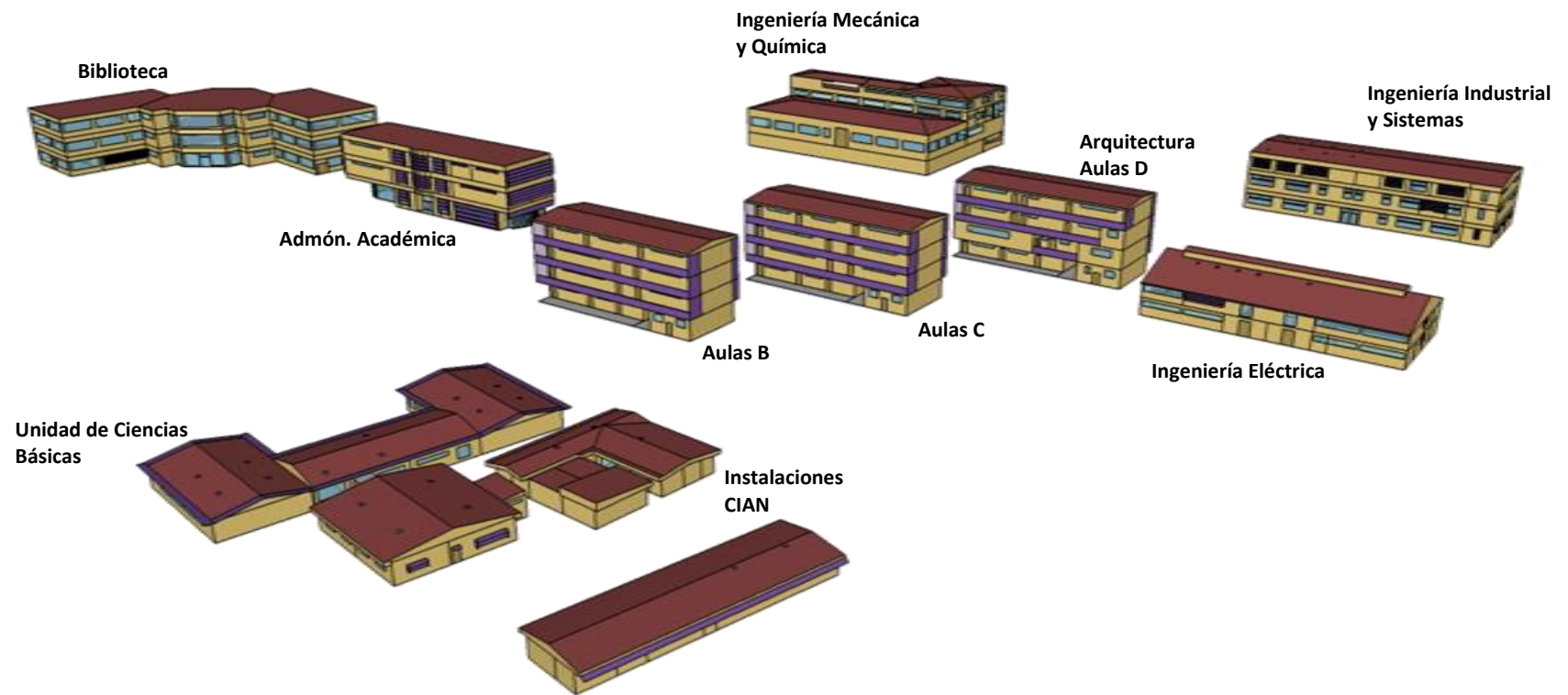


Figura 31. Distribución de modelación de las medidas energéticas de los edificios de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura en el campus de la UES.

Estas medidas se detallan a continuación:

- Evitar calentar por más de un minuto el motor de un automóvil, pues éste consume cerca de 100mL por cada 10 minutos funcionando en vacío.
- La aceleración brusca desde un alto consume hasta un 50% más de combustible comparado con una aceleración gradual del mismo, por lo que se debe educar a los conductores del uso adecuado de las paradas en semáforos y altos.
- Al viajar a altas velocidades se consume más combustible que al hacerlo a velocidades moderadas, por ejemplo, un automóvil a 110km/h consume alrededor de 20% más de combustible que uno a 90km/h, por lo que deberá incorporarse en los vehículos un controlador de velocidad.
- También el tránsito de los automóviles por carreteras concurridas aumenta el consumo de combustible cerca de un 15%, para lo cual no deberán utilizarse los vehículos dentro de las denominadas horas pico durante las cuales el tránsito vehicular es más denso.
- Prescindir del uso del aire acondicionado, el cual representa un 10% de consumo de combustible.
- No cargar arriba de 50kg la cajuela de los vehículos pues se incrementa en un 2% el consumo de combustible.
- Se debe dar también mantenimiento a los automotores, especialmente en la limpieza del filtro de aire y la presión correcta de las llantas.
- En la medida de lo posible y según el presupuesto y las políticas internas de la Universidad lo permitan se deben sustituir los vehículos obsoletos por otros más recientes y eficientes.
- Debe de registrarse el desempeño del vehículo, la distancia recorrida por galones de combustible (km/galón), así como los consumos de éstos, es decir, la obtención de registros de gastos de compra de combustibles para transporte.

3.6. Resultados Previos de las Medidas Aplicadas a los Edificios

Luego de definir las medidas aplicadas a los edificios, se realizan las respectivas simulaciones con el programa informático EnergyPlus para obtener los resultados deseados que serán analizados. En esta sección todavía no se presenta la comparación entre los resultados de los modelos base y los modelos ahorro de energía (ver la siguiente Etapa de la metodología), lo que se pretende aquí es observar el comportamiento de cada medida ahorrativa aplicada a cada edificio.

Esta parte es importante, pues se puede tener una idea acerca de los ahorros obtenidos y así comenzar a valorar si son eficaces las medidas propuestas, en caso contrario, si aún no se considera que los resultados son tolerables para el análisis entonces se retorna a examinar las medidas para realizar los cambios necesarios que lleven a resultados satisfactorios. Se debe de tener en mente que la relación de las etapas de *Comprobación de resultados* y *El análisis económico* definirá si son factibles las medidas propuestas, en esta sección y en la que sigue solo se puede concluir que las medidas implantadas hacen de un edificio eficiente.

Anteriormente se definió a las medidas en 4 grupos mencionadas a continuación:

- Medida 1: Hábitos Energéticos.
- Medida 2: Acondicionamiento ambiental interno.
 - Eliminación de equipos de AA.
 - Colocación de cortasoles.
 - Aislación térmica.
 - Circulación de aire – Ventilación cruzada.
 - Escape de calor en plenums.
- Medida 3: Distribución eficiente de sistema de iluminación.
 - Consideración de la luz natural.
 - Colocación de tragaluces.
- Combinación de medidas propuestas.

En el caso del edificio de la Escuela de Eléctrica el cual se incluye una medida más acerca del sistema fotovoltaico instalado, por lo que esta medida es agregada en el grupo de combinación de las medidas tal como se había dicho antes, puede revisar la tabla 18 para tener una idea de que medidas fueran aplicadas a cada infraestructura.

En el gráfico 19, se puede observar el consumo de energía anual de cada edificio con sus respectivas medidas, nótese los cambios de consumo de energía cuando se aplica la medida, téngase en cuenta que este comportamiento no es gradualmente, es decir, no se aplica una medida tras otras de manera que el consumo disminuya gradualmente, sino que cada resultado es graficado por cada medida aplicada partiendo del modelo base. Esto quiero decir que, el lector puede cometer el error de indicar que la suma de los porcentajes de reducción para cada medida es el total de reducción en cada edificio, El Edificio de Ingeniería Industrial y Sistemas Informáticos es el caso donde puede existir confusión a la hora de interpretar los resultados observando la tendencia de aplicación de las medidas, sin embargo, cada medida aplicada es independiente del efecto de las otras, es decir, por ejemplo para la medida de distribución eficiente de luminarias se evalúa solo la tecnología sin considerar el efecto de hábitos energéticos, véase las gráficas del capítulo 4 “Análisis y Evaluación de los Resultado” para mayor comprensión de lo mencionado antes.

En la grafica 20 es difícil apreciar algunos detalles de las resultados, por lo que se decide graficar el índice energético consumo de energía por área ($\text{kWh/m}^2/\text{año}$) para normalizar los resultados y de esta manera se pueda visualizar mejor el comportamiento de las medidas, por ejemplo el Edificio Ingeniería Mecánica se puede ver en detalle la proximidad de los ahorros obtenidos en el gráfico 20, caso que sería difícil de estimarlo en el gráfico 19.

La tabla 19 muestra los datos anuales de esta sección para que se tenga una mejor comprensión, así que, concluyo que las medidas aplicadas hasta este momento son eficaces, sin embargo hay que recordar que en las siguientes etapas se evaluará si es factible la implementación de estas medidas.

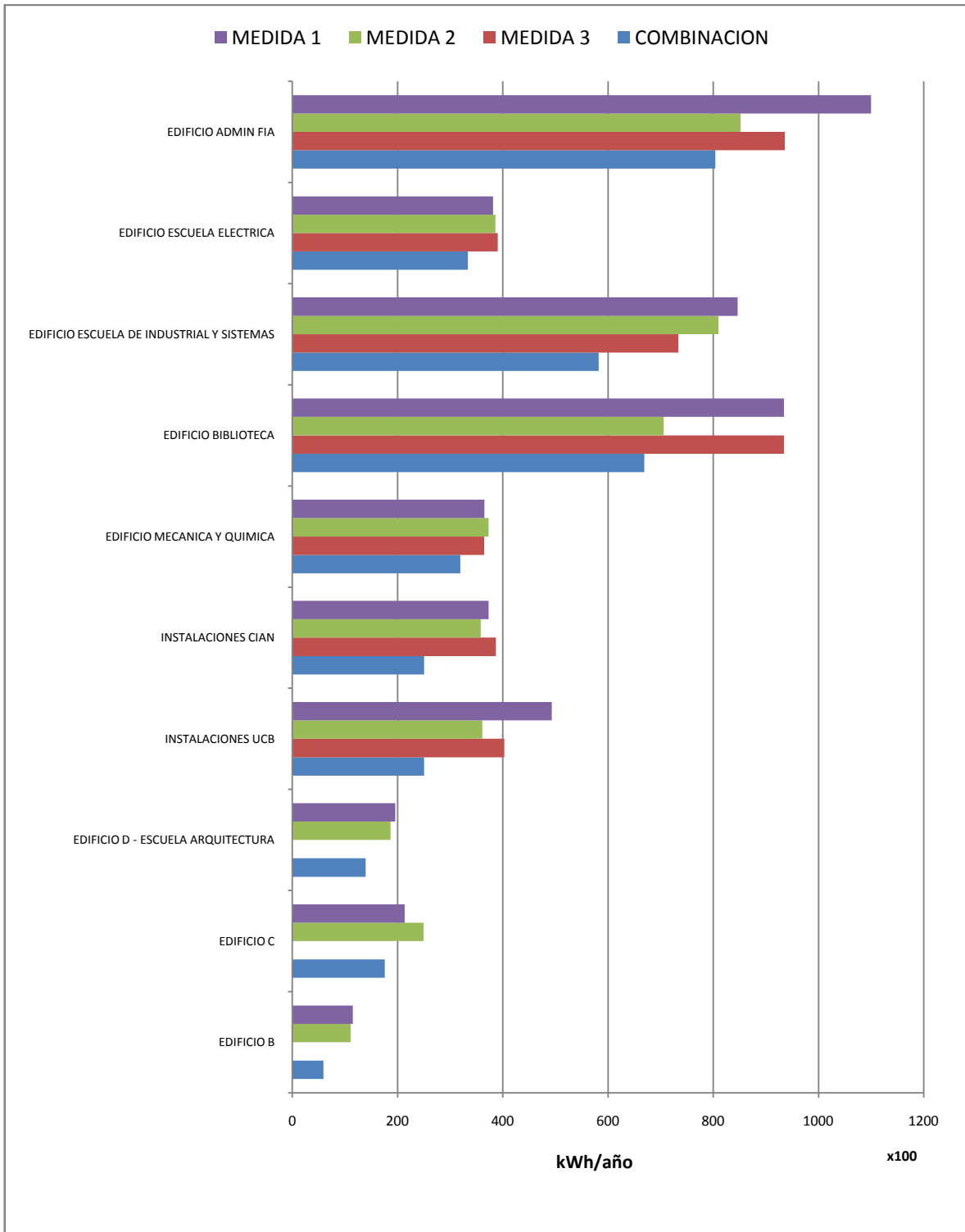


Gráfico 19. Resultados previos del consumo de energía anual de las medidas aplicadas y la combinación de ellas según cada edificio. Fuente: Resultados de Simulación.

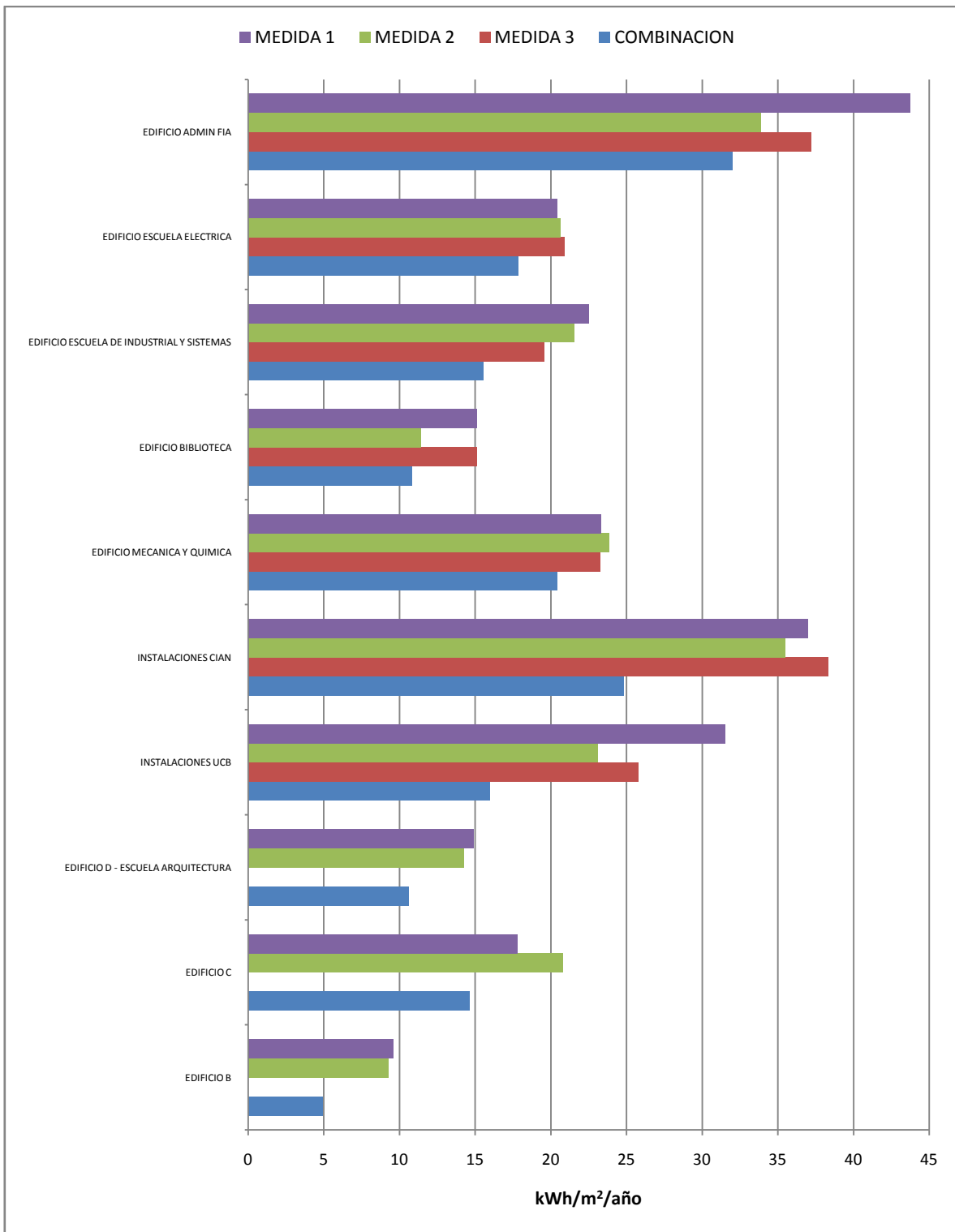


Gráfico 20. Resultados previos del consumo de energía por superficie cuadrada anual de las medidas aplicadas y la combinación de ellas según cada edificio. Fuente: Resultados de Simulación.

MEDIDAS	MEDIDA 1		MEDIDA 2		MEDIDA 3		COMBINACION	
	kWh/año	kWh/m ² /año	kWh/año	kWh/m ² /año	kWh/año	kWh/m ² /año	kWh/año	kWh/m ² /año
EDIFICIO								
ADMINISTRACION FIA	110163.77	43.82	85360.27	33.95	95253.96	37.89	80422.81	31.99
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
ESCUELA DE ING ENIERIA INDUSTRIAL Y SISTEMAS	84628.84	22.53	81014.69	21.57	73388.8	19.54	58255.09	15.51
BIBLIOTECA FIA	93472.54	15.10	70605.49	11.41	93435.62	15.09	66901.89	10.81
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA Y QUIMICA	36514.55	23.33	37319.0017	23.85	36438.9725	23.29	31923.8567	20.40
INSTALACIONES CIAN	37314.11	36.98	35820.63	35.50	38692.58	38.34	25035.79	24.81
INSTALACIONES CIENCIAS BASICAS	49335.38	31.53	36122.83	23.08	40299.08	25.75	25033.2	16.00
AULAS D - ESCUELA ARQUITECTURA	19577.04	14.91	18696.67	14.24	13923.34	10.60	---	---
AULAS C	21371.91	17.80	24973.29	20.80	17561.33	14.63	---	---
AULAS B	11506.46	9.59	11092.96	9.24	5938.46	4.95	---	---

Tabla 19. Registro de los resultados previos para cada medida y combinación de ellas según cada edificio.
Fuente: Resultados de Simulación.

4. Análisis y Evaluación de los Resultados

4.1. Comparación de Resultados

En la sección anterior se mencionó acerca de los resultados de una manera previa de las medidas aplicadas a las infraestructuras, en la que se visualiza el comportamiento de cada situación energética y así comenzar a evaluar la eficacia energética en la operación del edificio. Sin embargo, todavía no se tiene una clara perspectiva del ahorro energético y económico de la operación actual del edificio en la que se debe de considerar los datos obtenidos del modelo base y realizar las comparaciones con los resultados de la sección anterior.

En la etapa de Modelo Base de Consumo de Energía se establecieron las condiciones de operación actual de las infraestructuras, es decir se realizaron las simulaciones respectivas de manera que los resultados de cada modelado se aproximen a las condiciones reales en la que opera el edificio²³. Estos datos obtenidos de la modelación base son traídos hasta aquí para compararlos con los datos de la modelación de bajo consumo de energía, téngase en cuenta que en esta sección no solo se evaluara condiciones de consumo sino también las condiciones de ahorro económico.

La misma directriz de las etapas anteriores se sigue en esta etapa, primeramente se explicara las comparaciones de los resultados para el edificio de Administración Académica de la FIA y luego se presenta los resultados de los edificios restantes, solamente se indicaran los resultados anuales y mensuales para el edificio de Administración Académica de la FIA, con la finalidad de explicar los ocurre en cada condición planteada, para los edificios restantes se presenta solamente los resultados anuales, en anexo B se coloco los resultados más detallados si el lector necesita realizar un estudio más exhaustivo.

²³ Refiérase a la sección 2.5 Modelo Base de Consumo de Energía, para explorar de nuevo los resultados obtenidos en esa sección.

4.2. Comparación de los modelos base y ahorro de consumo de energía del edificio de Administración Académica de la FIA

El gráfico 21 muestra el modelo base de este edificio y de cada medida aplicada para la demanda de potencia anual (modelo ahorro de energía)²⁴, observe cómo decae la demanda partiendo del modelo base, cada medida otorga un porcentaje de ahorro del modelo base según la tabla 20, la combinación de estas medidas está integrada por todas las medidas aplicadas, la cual establece el ahorro total que el edificio puede llegar a tomar en cuánto se han aplicado todas las medida, en este caso se llegó a un ahorro del 28.79% de la demanda.

	Iluminación		Equipos de oficina y auxiliares		Aires Acondicionado		Total	
	kW/año	% Reducción	kW/año	% Reducción	kW/año	% Reducción	kW/año	% Reducción
Modelo Línea Base	35.85	100%	40.65	100%	78.54	100%	155.04	100%
Medida 1	1.34	3.74%	1.33	3.27%	1.41	1.79%	4.08	2.63%
Medida 2	9.84	27.43%	0.00	0.00%	28.31	36.04%	38.13	24.59%
Medida 3	1.83	5.12%	0.00	0.00%	24.44	31.12%	26.58	17.14%
Combinación de medidas	11.34	31.64%	1.08	2.66%	32.23	41.04%	44.64	28.79%

Tabla 20. Porcentajes de reducción según la medida aplicada al edificio de Administración Académica de la FIA. Fuente: Resultados de Simulación.

Lo más relevante de estos resultados es ver el comportamiento de cada rubro a la cual está sujeto el edificio, por ejemplo, en este edificio tiene cargos de consumo de energía debido a sistemas de iluminación, equipos de AA y equipos de oficinas y auxiliares, entonces si observamos detenidamente la gráfica de demanda de potencia se dará cuenta que existen ahorros energéticos indirectos, por ejemplo, la medida de iluminación eficiente (medida 2) trae consigo la reducción en el consumo de aire acondicionado, debido a que la carga térmica es reducida al tener un control estricto de las luminarias.

El gráfico 22 presenta el porcentaje de reducción de los diferentes rubros donde queda marcado el ahorro total para este edificio, con un 28.79%, se dará cuenta que la medida más efectiva es el ahorro mediante la iluminación eficiente llegando a un $\approx 25\%$, en segundo lugar está la medida para la reducción del consumo de aire acondicionado de $\approx 16\%$ y luego le continua con el $\approx 3\%$ la concientización del ahorro energético, en el gráfico se puede apreciar los porcentajes de operación cada rubro, por ejemplo, para modelo línea base se

²⁴ Si desea obtener más detalle de los resultados refiérase al anexo B, donde se presentan resultados mensuales y anuales.

tiene 23.12% de operación en iluminación por lo que la aplicación de la medida 1 (hábitos energéticos) se tiene 22.26% del mismo rubro, es decir 0.86% menos del modelo línea base, si se suma los diferentes porcentajes de reducción por rubro se obtiene el porcentaje de reducción total por medida.

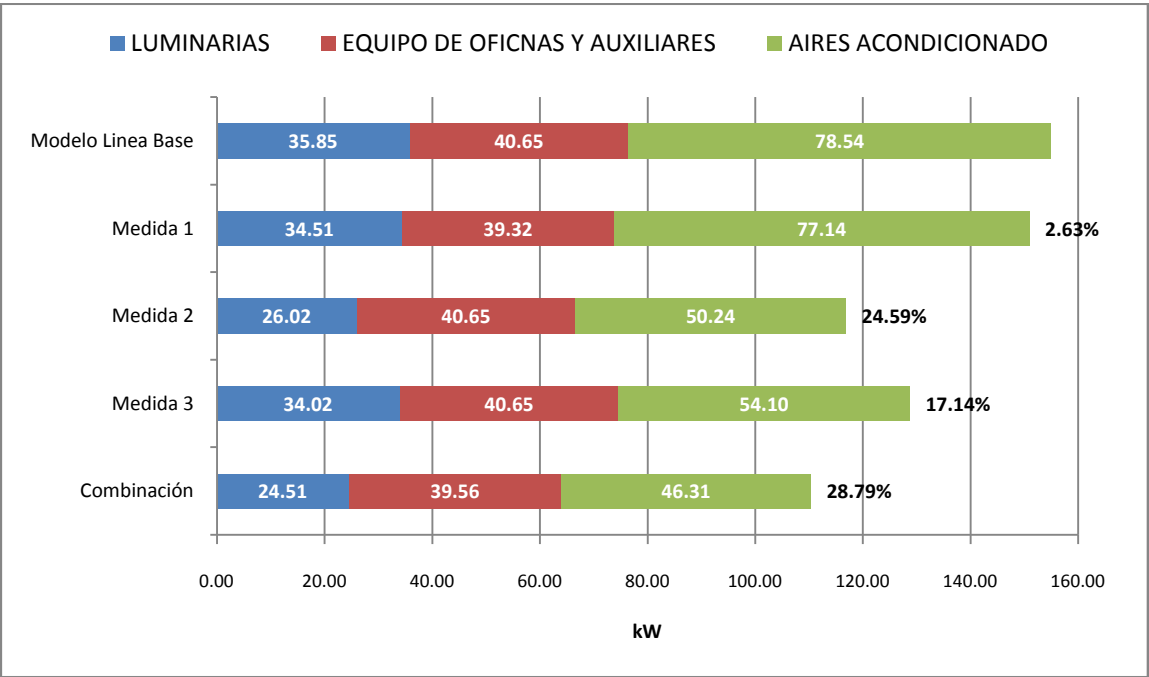


Gráfico 21. Resultados de reducción de la demanda de potencia por cada medida desde el modelo línea base hasta la combinación de medidas del edificio de Administración Académica de la FIA. Fuente: Resultados de Simulación.

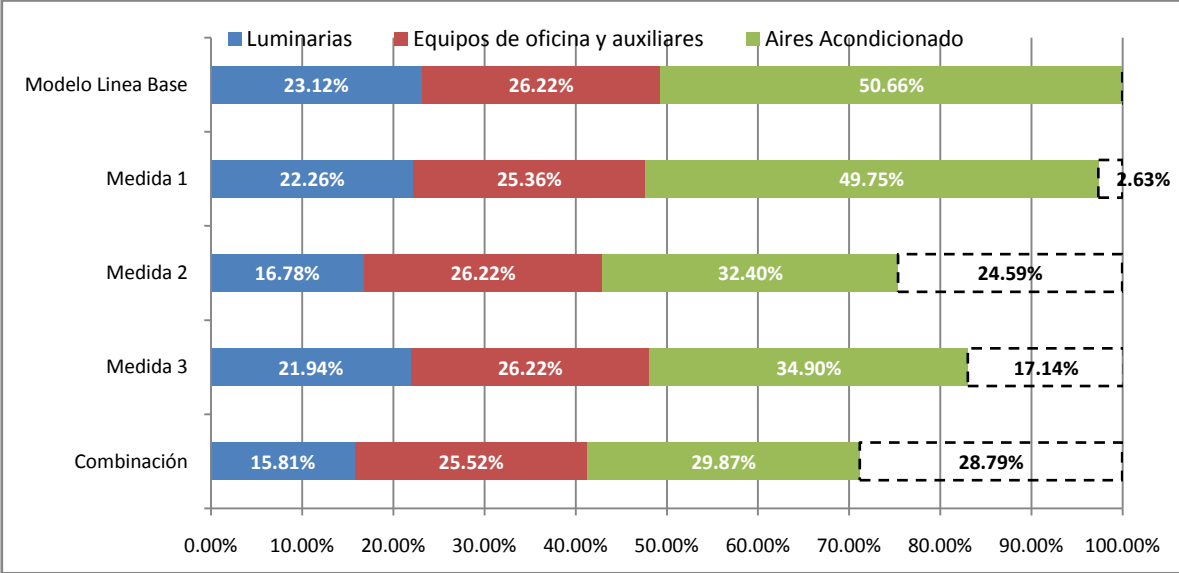


Gráfico 22. Indicación de reducción de porcentajes por cada medida y la combinación de estas del edificio de Administración Académica de la FIA. Fuente: Resultados de Simulación.

También se presenta el comportamiento de cargos de consumo de energía y costos económicos, las tablas 21 presentan los resultados tanto mensuales como anuales de los diferentes cargos atribuidos a la operación energética del edificio del modelo línea base y de las diferentes medidas del modelo bajo consumo de energía.

Dado que tenemos un ahorro de energía total del 28.79%, entonces el ahorro económico será de \$6102.51 ($\21043.16×0.29), obteniendo como resultado un cargo económico de \$14,952.43, tal como lo muestra la combinación de las medidas en la tabla, de igual manera se puede hacer el cálculo para los otros cargos para constatar que los resultados sean acertado.

En el gráfico 23 se aprecia el comportamiento mensual del costo eléctrico y del consumo de energía desde el modelo línea base hasta la combinación de las medidas, se puede ver el panorama de las reducciones tanto en costos de energía como en el consumo de energía, los gráficos de línea representa el consumo de energía y muestra la reducción de este cargo en cuanto a la aplicación de las medidas, mientras que los gráficos de barra representan los costos de energía.

Para tener una idea de los ahorros obtenidos, se han registrados estos datos en la tabla 22, en ella se presentan los porcentajes de reducción originado de la aplicación de las medidas al modelo base, por ejemplo, note la reducción de la combinación de las medidas del 28.79% tal como se había dicho anteriormente, en este caso se cuenta con una reducción en el costo eléctrico de \$6108.89 del costo eléctrico inicial.

Hay que tener presente que todavía no se puede concluir acerca de la fiabilidad de las condiciones propuestas, para ello se debe examinar los costos de inversión que tomarían al hacer realidad las medidas de eficiencia energética. En la siguiente sección se detalla más en cuanto a los indicadores energéticos que permitan observar el rendimiento de los edificios.

MES	MODELO BASE DE CONSUMO DE ENERGIA					MEDIDA 1: HABITOS ENERGETICOS				
	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENEGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	5875.03	59.38	750.61	198.22	1085.29	5738.12	58.47	733.04	195.18	1061.97
FEBRERO	10696.45	62.02	1366.91	207.02	1792.54	10440.52	61.09	1334.05	203.91	1751.84
MARZO	12439.44	66.14	1590.11	220.78	2060.64	12123.39	65.13	1549.47	217.39	2010.82
ABRIL	7752.46	59.95	1082.59	200.13	1463.05	7552.80	59.01	1054.47	196.99	1427.69
MAYO	11021.24	59.31	1719.40	197.99	2181.12	10716.98	58.39	1671.57	194.89	2123.50
JUNIO	10017.06	57.71	1561.50	192.63	1996.40	9719.55	56.72	1514.71	189.33	1939.74
JULIO	10524.20	61.21	1640.62	204.32	2099.15	10218.86	60.24	1592.61	201.08	2041.16
AGOSTO	8556.46	52.71	1333.73	175.94	1719.83	8312.77	51.85	1295.41	173.06	1673.22
SEPTIEMBRE	9521.44	51.50	1483.56	171.90	1884.79	9254.17	50.63	1441.56	168.99	1833.97
OCTUBRE	10390.68	55.09	1452.70	183.90	1863.44	10128.57	54.17	1415.54	180.81	1817.90
NOVIEMBRE	10643.54	58.93	1387.28	196.70	1803.90	10390.66	58.00	1353.84	193.60	1762.56
DICIEMBRE	5502.64	56.58	717.16	188.86	1036.85	5373.77	55.69	700.12	185.90	1014.23
ANUAL	112940.64		16086.17	2338.39	20987.00	109970.16		15656.39	2301.13	20458.60
PROMEDIO ANUAL	9411.72		1340.51	194.87	1748.92	9164.18		1304.70	191.76	1704.88
MINIMO	5502.64	51.50	717.16	171.90	1036.85	5373.77	50.63	700.12	168.99	1014.23
MAXIMO	12439.44	66.14	1719.40	220.78	2181.12	12123.39	65.13	1671.57	217.39	2123.50

Tabla 21. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del edificio de Administración Académica de la FIA de los modelos Base consumo de energía y modelo ahorro de energía. Fuente: Resultados de simulación

	MEDIDA 2: ILUMINACION EFICIENTE					MEDIDA 3: AIRE ACONDICIONADO				
	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENEGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENEGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	4260.51	44.31	542.79	147.89	793.23	4640.39	47.26	591.62	157.77	859.64
FEBRERO	7887.58	45.43	1005.35	151.64	1320.81	8619.16	49.97	1099.41	166.79	1444.37
MARZO	9491.67	48.28	1210.64	161.17	1563.86	10374.92	54.16	1324.25	180.79	1714.59
ABRIL	6062.51	47.08	845.24	157.14	1145.89	6597.83	52.13	920.25	174.03	1249.86
MAYO	8326.86	44.47	1295.75	148.44	1645.74	9185.52	49.15	1430.74	164.05	1816.14
JUNIO	7526.44	42.69	1169.87	142.51	1496.62	8342.49	46.92	1298.18	156.63	1657.76
JULIO	7840.42	45.49	1218.62	151.85	1562.34	8761.83	50.66	1363.5	169.11	1745.78
AGOSTO	6556.25	41.50	1019.22	138.54	1321.68	7295.05	45.27	1135.38	151.13	1467.34
SEPTIEMBRE	7370.82	41.54	1145.43	138.68	1464.63	8117.52	43.37	1262.8	144.79	1604.34
OCTUBRE	7910.31	42.73	1101.61	142.63	1419.52	8659.02	44.95	1208.16	150.06	1548.47
NOVIEMBRE	7887.4	43.73	1022.42	145.98	1333.72	8563.39	45.26	1111.86	151.06	1440.66
DICIEMBRE	4045.83	42.43	524.31	141.64	765.24	4423.43	44.17	574.27	147.45	828.34
ANUAL	85166.60		12101.25	1768.11	15833.28	93580.55		13320.42	1913.66	17377.29
PROMEDIO ANUAL	7097.22		1008.44	147.34	1319.44	7798.38		1110.04	159.47	1448.11
MINIMO	4045.83	41.50	524.31	138.54	765.24	4423.43	43.37	574.27	144.79	828.34
MAXIMO	9491.67	48.28	1295.75	161.17	1645.74	10374.92	54.16	1430.74	180.79	1816.14

Tabla 21. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del edificio de Administración Académica de la FIA de los modelos Base consumo de energía y modelo ahorro de energía. Fuente: Resultados de simulación. (Continuación)

	COMBINACION DE MEDIDAS					
	CONSUMO (kWh)	ENERGIA TOTAL	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENEGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	4000.94		41.77	509.31	139.43	745.78
FEBRERO	7419.73		42.89	945.02	143.16	1242.95
MARZO	8942.9		46.01	1139.87	153.59	1475.21
ABRIL	5715.25		44.79	796.15	149.51	1081.72
MAYO	7867.48		41.67	1223.41	139.09	1553.33
JUNIO	7124.08		39.91	1106.5	133.22	1414.41
JULIO	7423.15		43.15	1152.91	144.04	1479.16
AGOSTO	6212.28		39.54	965.05	132	1252.99
SEPTIEMBRE	6991.44		39.28	1085.67	131.11	1388.45
OCTUBRE	7486.51		40.34	1041.58	134.66	1342.59
NOVIEMBRE	7425.99		41.14	961.16	137.32	1254.61
DICIEMBRE	3813.06		40.04	493.4	133.64	721.23
ANUAL	80422.81			11420.03	1670.77	14952.43
PROMEDIO ANUAL	6701.90			951.67	139.23	1246.04
MINIMO	3813.06		39.28	493.40	131.11	721.23
MAXIMO	8942.90		46.01	1223.41	153.59	1553.33

Tabla 21. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del edificio de Administración Académica de la FIA de los modelos Base consumo de energía y modelo ahorro de energía. Fuente: Resultados de simulación. (Continuación)

	Edificio de Admón. Académica de la FIA	
Modelo Línea Base	Consumo Eléctrico Anual (kWh)	112940.64
	Costo Eléctrico Anual (\$)	20987.00
	Potencia Pico Anual (kW)	66.14
Medida 1: Cultura energética	Ahorros de Electricidad (kWh)	2970.48
	Ahorros de Electricidad (\$)	551.98
	Porcentaje de Reducción	2.63%
	Reducción de Potencia Pico (kW)	1.74
Medida 2: Iluminación eficiente	Ahorros de Electricidad (kWh)	27774.04
	Ahorros de Electricidad (\$)	5161.06
	Porcentaje de Reducción	24.6%
	Reducción de Potencia Pico (kW)	16.27
Medida 3: Aire Acondicionado	Ahorros de Electricidad (kWh)	19360.09
	Ahorros de Electricidad (\$)	3597.56
	Porcentaje de Reducción	17.14%
	Reducción de Potencia Pico (kW)	11.34
Combinación de medidas	Ahorros de Electricidad (kWh)	32517.83
	Ahorros de Electricidad (\$)	6042.57
	Porcentaje de Reducción	28.79%
	Reducción de Potencia Pico (kW)	19.04

Tabla 22. Registro de los resultados de ahorro por medida y la combinación de ellas para el edificio de Administración Académica de la FIA. Fuente: Resultados de Simulación.

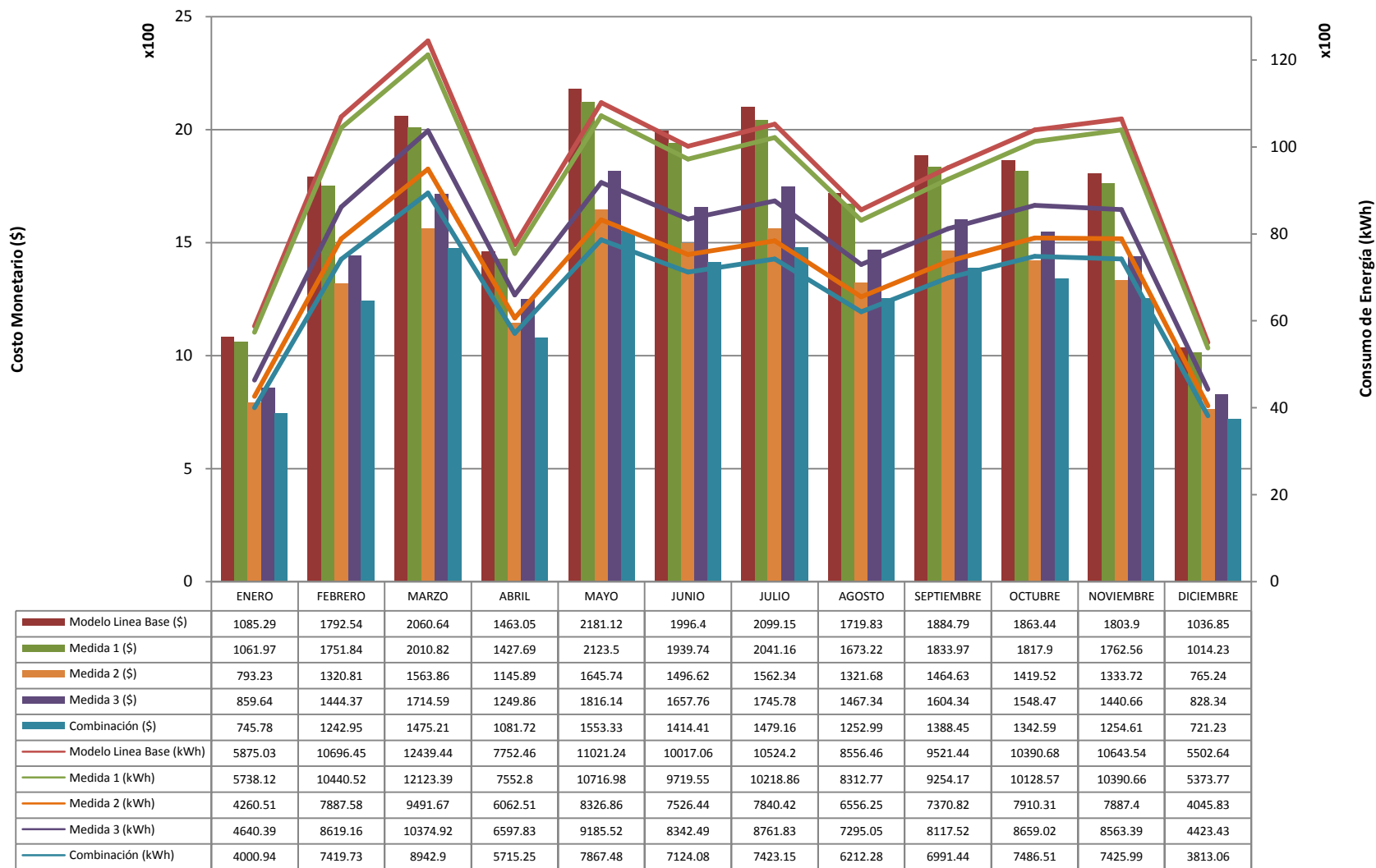


Gráfico 23. Representación del costo eléctrico (gráfico de barras) y el consumo de energía (gráfico de línea) del modelo línea base y del modelo bajo consumo de energía para el Edificio de Administración Académica de la FIA. Fuente: Resultados de Simulación.

4.3. Comparación de Resultados para los Edificios Restantes

En el capítulo anterior se examinó a pequeña escala los resultados del modelo de ahorro de energía para cada edificio, aunque se determinó que los ahorros son positivos sin embargo hace falta evaluar las condiciones de operación actual de las infraestructuras para hacer la comparación respectiva entre los modelos y así señalar los ahorros para los diferentes cargos.

El gráfico 24 presenta el consumo de energía por área construida de edificio, se gráfica este indicador para posibilitar la comparación y comprensión del rendimiento entre medidas aplicadas y entre infraestructuras que fueron objeto de análisis. En la etapa de “Modelo Línea Base” se interpretó el comportamiento del indicador graficado, especialmente entre el edificio de Administración Académica y la instalación CIAN, lo que hay que resaltar aquí es la combinación de medidas.

La combinación de medidas deja ver la eficiencia de estos inmuebles con respecto a la superficie construida, observe que del modelo base se había concluido que la potencia instalada de los rubros en el CIAN, sobre todo de la capacidad instalada de los equipos de AA, es ineficiente comparándola con la capacidad instalada del edificio de Administración Académica el cual posee una superficie construida mucho mayor que de las instalaciones del CIAN.

A medida que se aplican las acciones de ahorro, se ve como las instalaciones del CIAN tiende a recurrir lo que llamaría una *operación normal con respecto a la superficie construida*, si se compara la combinación de medidas de las dos infraestructuras anteriormente mencionadas, verá el lector que ahora el indicador es mucho menor respecto a del edificio de Administración Académica, es decir, aunque las condiciones acerca de potencia instaladas de los distintos rubros sea la misma, sin embargo la operación de estos se condicionan de manera que sea mínima en cuanto a la necesidad de utilización.

Por ejemplo, la capacidad de luminarias instaladas en el CIAN sigue siendo la misma, pero con la propuesta de colocar tragaluces en áreas específicas minimizan la operación del sistema de iluminación, disminuyendo el consumo de energía, hay que recordar que limitar

este rubro acarrea un porcentaje de disminución en la operación de los equipos de AA, de igual manera sucede con los otros rubros, sobre todo con los equipos de AA instalados, en el gráfico 25 se presenta los porcentajes de operación de cada rubro desde la operación virtual real pasando por cada medida hasta la combinación de estas.

En la tabla 23 se registran los indicadores energéticos más importantes referente al rendimiento que puede presentar los edificios a partir de la operación virtual real hasta el rendimiento eficiente luego de la colocación de las medidas, nótese los resultados para cada instalación, sobre todo de los edificios analizados anteriormente, y constatará la eficacia de las medidas empleadas.

EDIFICIO	MODELO LINEA BASE			COMBINACION DE MEDIDAS		
	kWh/m2/año	kWh/persona/año	\$/kWh/persona/año	kWh/m2/año	kWh/persona/año	\$/kWh/persona/año
ADMÓN ACADÉMICA FIA	45	1.241	178	32	0.884	126
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	22	0.335	48	18	0.267	39
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y SISTEMAS	26	0.614	87	15	0.366	52
BIBLIOTECA FIA	16	0.374	53	11	0.249	35
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA Y QUÍMICA	12	0.606	85	10	0.491	69
INSTALACIONES CIAN	45	1.833	264	25	1.001	144
INSTALACIONES UCB	33	0.350	50	16	0.172	25
AULAS D - ESCUELA ARQUITECTURA	16	0.183	26	11	0.118	17
AULAS C	11	0.038	12	15	0.052	7
AULAS B	15	0.062	9	5	0.021	3

Tabla 23. Resultados de los indicadores consumo de energía por superficie construida (kWh/m²/año), consumo de energía por ocupante (MWh/persona/año) y costo de energía por ocupante (\$/kWh/ocupante/año). Fuente: Resultados de Simulación.

En la tabla 25 de la página 137 se muestra los ahorros anuales obtenidos para cada cargo y cada inmueble, así como el ahorro anual del grupo total de los inmuebles, de esta tabla se observa que se tiene un 35.64% de ahorro de las instalaciones del campus de la FIA, si tomamos por ejemplo, el costo eléctrico anual de los dos medidores analizados en la etapa de “Solicitud de Información de los edificios de la FIA”, con un monto de \$201,444.03 y aplicamos el porcentaje de ahorro, entonces tenemos un ahorro anual de \$71,794.65 (\$201,444.03*35.64%), por lo que el costo anual de facturación a pagar sería de \$129,649.40 racionado según la distribución de las instalaciones en el campus regidas por los medidores.

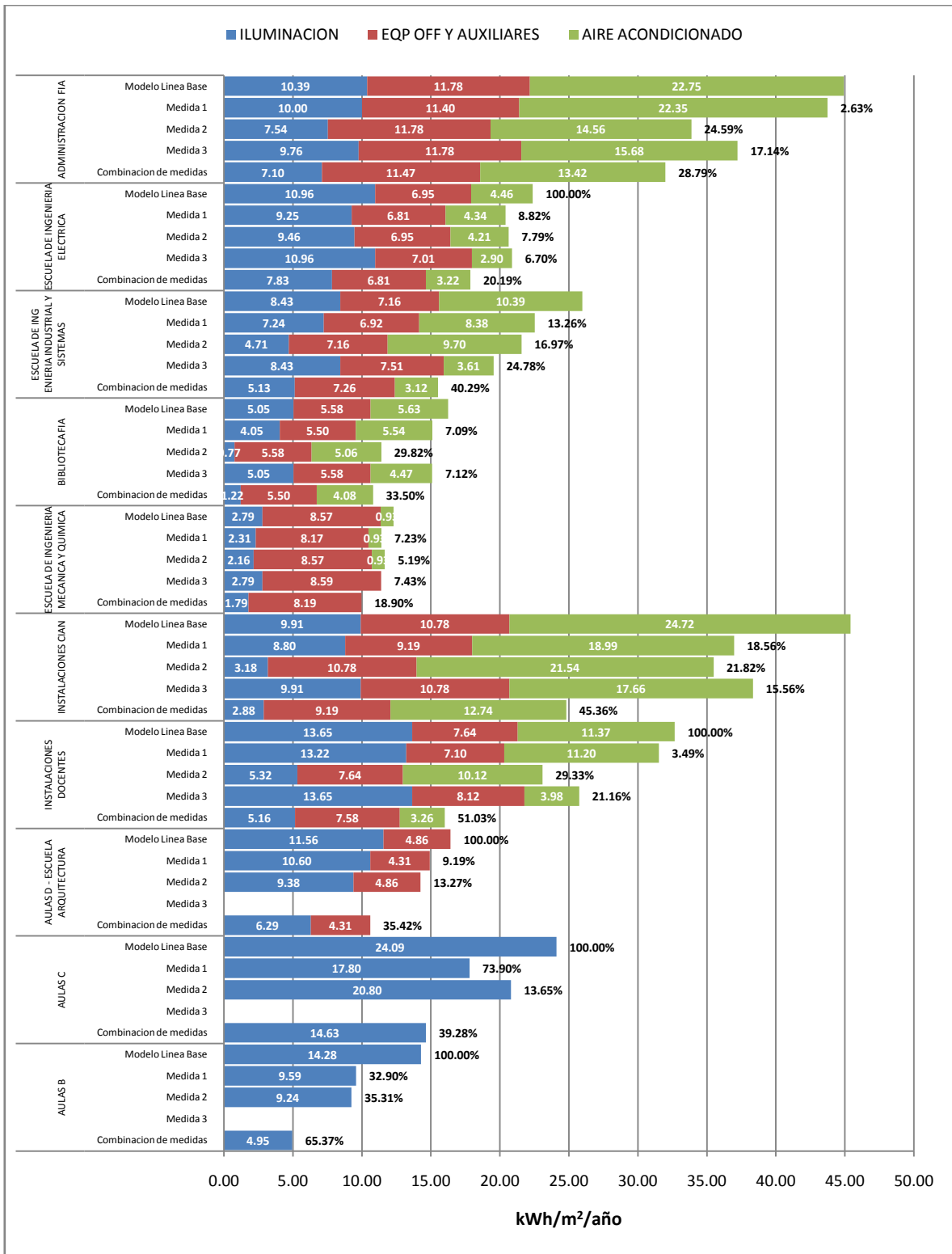


Gráfico 24. Comparación del indicador consumo de energía por superficie cuadrada anual para cada medida y combinación de ellas de cada edificio en estudio. Fuente: Resultados de Simulación.

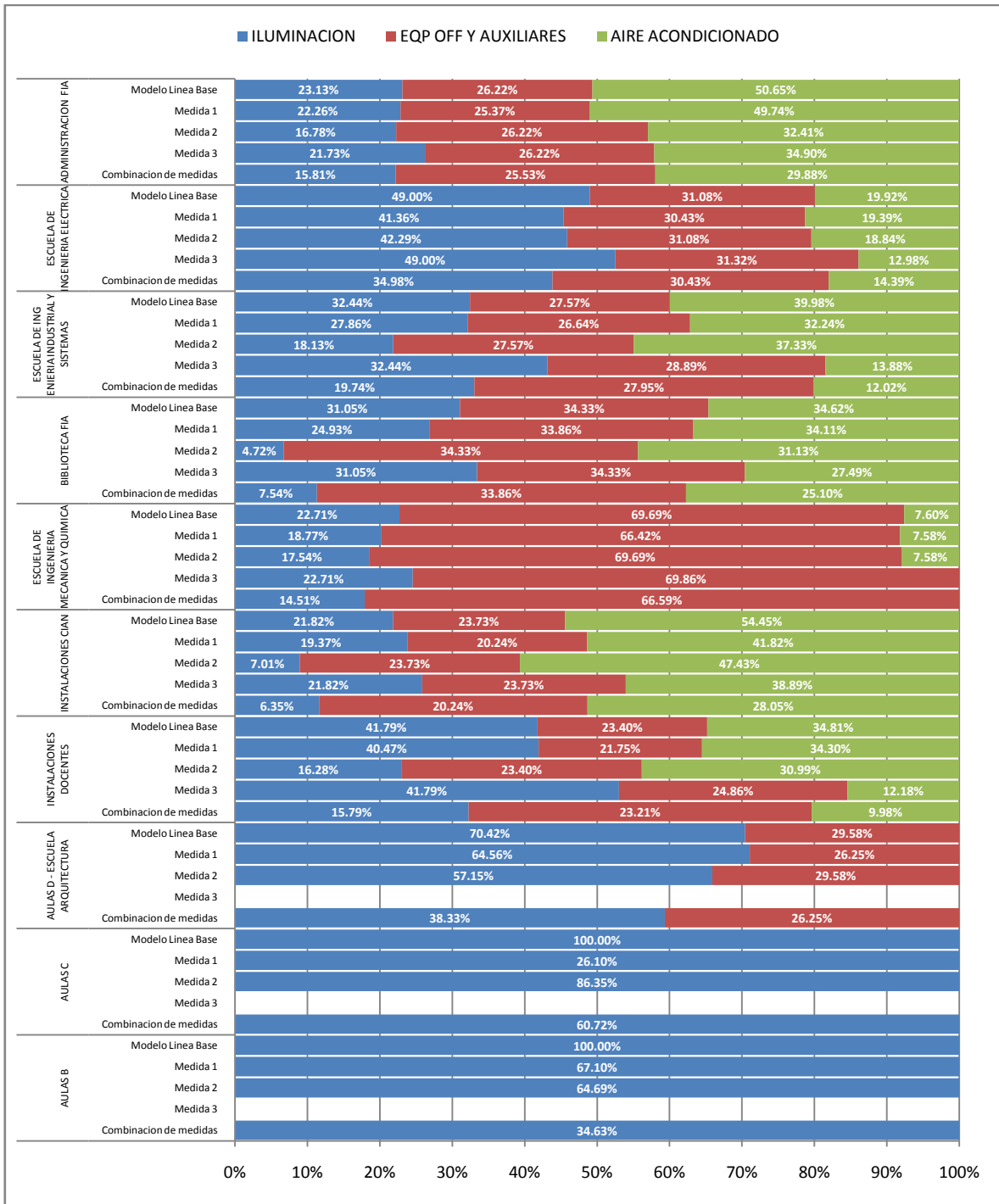


Gráfico 25. Reducción en porcentaje de las medidas aplicadas y la combinación de estas para cada edificio. También representa el porcentaje de aportación por rubro. Fuente: Resultados de Simulación.

Para finalizar el estudio de este trabajo recordará el lector que el edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica posee instalado un sistema fotovoltaico con una capacidad de 2.5 kW, por lo que los resultados de simulación de la operación anual de este sistema se muestra en la tabla 24.

Estos datos indica que la aportación de energía del sistema fotovoltaico es del 11.11% anual, los datos reales de este sistema están siendo monitoreado y registrados diariamente con lo que los puede visualizar en la página web titulada “Energía Solar EIE-FIA”²⁵, de esta página se tiene que el sistema fotovoltaico generó un consumo de energía anual de 3115.52 kWh para el año 2011 y de simulaciones tenemos una generación de 3710.31 kWh.

	Consumo de energía [kWh]	[%]
Energía generado por el sistema fotovoltaico	3710.31	11.11
Electricidad proveniente de la red eléctrica	30986.69	92.78
Excedente de Energía hacia la red eléctrica	1299.15	3.89
Energía neta de la red eléctrica	29687.54	88.89
Uso total de la energía de las fuentes	33397.85	100

Tabla 24. Resultado del sistema fotovoltaico instalado en la Escuela de Ingeniería Eléctrica. Fuente: Resultados de Simulación.

La tabla 25 registra los datos mensuales generación de energía por parte del sistema fotovoltaico tanto reales como virtuales, véase la semejanza de estos datos y queda a deducción del lector lo importante de la utilización de sistemas informáticos para el análisis de elementos de generación renovable.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Simulados (kWh)	276.54	275.26	315.60	248.01	245.91	226.51	242.37	234.76	220.92	222.74	303.97	302.93	3115.52
Reales (kWh)	382.96	353.61	379.42	337.42	271.09	271.91	271.91	280.33	254.12	273.95	327.47	349.72	3753.91

Tabla 25. Generación de energía mensual del sistema fotovoltaico instalado en la Escuela de Ingeniería Eléctrica tanto reales como simulados. Fuente: Resultados de Simulación.

²⁵ Puede indagar acerca de este sistema en <http://www.fia.ues.edu.sv/energiasolar/> donde se presentan información concerniente al sistema fotovoltaico en cuanto a los dispositivos como a la operación.

Caso	Detalle	ADMÓN. ACADÉMICA FIA	ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y SISTEMAS	BIBLIOTECA FIA	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y QUÍMICA	INST. CIAN	INST. CC. BB.	AULAS D - ESCUELA ARQUITECTURA	AULAS C	AULAS B	TOTAL
Modelo Línea Base	Consumo Eléctrico Anual (kWh)	112,941	41,849	97,569	100,600	39,362	45,819	51,117	21,558	28,920	17,148	556,883
	Costo Eléctrico Anual (\$)	20,987	8,330	17,903	18,493	7,062	8,847	9,598	4,019	5,118	3,185	103,541
	Potencia Pico Anual (kW)	66	33	49	51	15	29	26	10	12	12	66
Medida 1: Actitud energética	Ahorros de Electricidad (kWh)	2,970	3,691	12,940	7,128	2,847	8,505	1,782	1,981	7,548	5,641	68,859
	Ahorros de Energía (\$)	552	735	2,374	1,310	511	1,642	335	369	1,336	1,048	10,212
	Porcentaje de Reducción	2.63%	8.82%	13.26%	7.09%	7.23%	18.56%	3.49%	9.19%	26.10%	32.90%	9.88%
	Reducción de Potencia Pico (kW)	2	3	6	4	1	5	1	1	9	4	7
Medida 2: Iluminación eficiente	Ahorros de Electricidad (kWh)	27,774	3,260	16,555	29,996	2,043	9,999	14,994	2,862	3,946	6,055	117,483
	Ahorros de Energía (\$)	5,161	649	3,038	5,514	366	1,931	2,816	533	698	1,124	21,830
	Porcentaje de Reducción	24.59%	7.79%	16.97%	29.82%	5.19%	21.82%	29.33%	13.27%	13.65%	35.31%	21.10%
	Reducción de Potencia Pico (kW)	16	3	8	15	1	6	8	1	2	4	14
Medida 3: Aire Acondicionado	Ahorros de Electricidad (kWh)	19,360	2,805	24,180	7,165	2,923	7,128	10,818	---	---	---	74,379
	Ahorros de Energía (\$)	3,598	558	4,437	1,317	524	1,376	2,031	---	---	---	13,842
	Porcentaje de Reducción	17.14%	6.70%	24.78%	7.12%	7.43%	15.56%	21.16%	---	---	---	13.36%
	Reducción de Potencia Pico (kW)	11	2	12	4	1	4	6	---	---	---	9
Combinación de medidas	Ahorros de Electricidad (kWh)	32,518	8,451	39,314	33,699	7,438	20,783	26,084	7,635	11,358	11,209	198,490
	Ahorros de Energía (\$)	6,043	1,682	7,214	6,195	1,334	4,013	4,898	1,423	2,010	2,082	36,893
	Porcentaje de Reducción	28.79%	20.19%	40.29%	33.50%	18.90%	45.36%	51.03%	35.42%	39.28%	65.37%	35.64%
	Reducción de Potencia Pico (kW)	19	7	20	17	3	13	13	4	5	8	24

Tabla 26. Cargos asociados al consumo de energía tanto para el modelo línea base como para cada una de las condiciones de ahorro establecidas así como la combinaciones de estas. Fuente: Resultados de Simulación.

5. Análisis Económico

Para el análisis económico se consideró IEEE Recommended Practice for Energy Management in Industrial and Commercial Facilities, esta literatura establece trasladar la energía en costos por medio del costo en valor presente y trasladar hasta el presente los costos en que puede incurrir la institución que requiere para el sostenimiento de la inversión que requerirá dicho proyecto.

Según lo escrito en el párrafo anterior, la institución requiere de una inversión más un capital que solvete los requerimientos monetarios hasta que se vean los ingresos de los ahorros, es decir hasta el tiempo de recuperación establecido. La incógnita está en la inversión total inicial que la institución debería de incurrir si pretenden hacer real el proyecto visto en este trabajo, por lo que, la manera en trabajar en esta sección es considerar y analizar dos períodos de recuperación y observar que es lo más conveniente para la institución.

Edificio	Combinación de medidas (US\$)		
	AHORRO MENSUAL UNIFORME	1 año (12 meses)	2 año (24 meses)
ADMÓN. ACADÉMICA FIA	386	4,197	7,688
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	101	1,098	2,012
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y SISTEMAS	465	5,062	9,272
BIBLIOTECA FIA	399	4,343	7,954
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y QUÍMICA	87	950	1,741
INSTALACIONES CIAN	249	2,712	4,968
INSTALACIONES CIENCIAS BÁSICAS	312	3,397	6,223
AULAS D - ESCUELA ARQUITECTURA	91	987	1,809
AULAS C	130	1,415	2,593
AULAS B	131	1,429	2,618
TOTAL	----	25,593	46,879

Tabla 27. Ahorros trasladados al tiempo para cada edificio justo con la inversión respectiva según el tiempo de recuperación.

Ya se obtuvo el ahorro en consumo de energía en costo económico de las instalaciones, véase la tabla 26 de la sección anterior donde se registran estos datos con los cuales se trabajarán. Si estos ahorros se seccionan a lo largo del período de recuperación sugerido se tendrían ahorros mensuales uniformes tal como lo presenta la columna nombrada “AHORRO MENSUAL UNIFORME” de la tabla 27.

Cada uno de los pagos uniformes son hechos en la conclusión de una serie de períodos de tiempos iguales mensuales, tal como se hizo mención antes por lo que se deben de aplicarse el valor presente de un factor de anualidad (PAF) el cual convierte una serie de pagos futuros uniformes en una cantidad de valor presente simple. Entonces, este término se define como:

$$PAF = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (1)$$

Donde:

n = número de años definidos en meses
 i_R = tasa de interés real expresada en decimal mensual.

Para este cálculo, antes se debe de deducir la tasa de interés real considerando la tasa de interés activa (i_c) con la que se hacen los préstamos y considerar también la tasa de inflación anual (f) de la moneda. Para ello se utilizó la tasa de 24.2% publicada por el Banco Central de Reserva, de la misma fuente se obtuvo la inflación de 4.74%. Estos datos se utilizan para determinar la tasa de interés real de la siguiente manera:

$$i_R = \frac{(i_c - f)}{(1 + f)} \quad (2)$$

Donde:

i_R = tasa de interés real
 i_c = tasa de interés activa
 f = tasa de inflación anual.

Al sustituir los datos respectivos a la fórmula 2 se tiene que la tasa de interés real será de 18.57%, luego considerando el tiempo de recuperación de uno y dos años, entonces el factor de anualidad del valor presente se muestra en la tabla 28.

$i_R = 18.57\%$	Periodo de recuperación (año)	
	1 (12 meses)	2 (24 meses)
PAF (%)	10.88	19.92

Tabla 28. Factor de anualidad presente para 1 y 2 años de recuperación.

Por último, se cálculo el siguiente término el cual es el valor presente definido como:

$$PW = PAF \times PA \quad (3)$$

Donde:

PW = Valor Presente.

AP = Cantidad de anualidad ó Pago de anual equivalente.

PAF = Valor presente de un factor de anualidad

Por lo que lo que la institución deberá de contar con el capital presentado en la tabla 26 para los dos periodos de recuperación propuestos, si se examina estos resultados podrá observar que si la institución decidiera hacer realizar una medida también puede observar el capital en que debe de incurrir ya sea para una instalación en particular o para el conjunto de ellas.

Observe de la tabla 27 de la página 138, que el total de inversión con que debe de contar la institución es de \$25,593 y \$46,879 para 1 año y 2 años respectivamente. Queda al análisis de las autoridades superiores de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura el considerar estas soluciones para la mejora de la eficiencia energética de los inmuebles estudiados en este trabajo.

6. Implementación y Seguimiento

Una vez determinado los criterios económicos y técnicos, no queda más que poner en marcha el plan de acción de eficiencia energética, es decir, si la institución desea reducir gastos económicos dentro de su sistema, sobre todo los gastos económicos derivados de la utilización de energía, deberá de acatar las medidas propuestas por este trabajo y velar por el cumplimiento de ellas.

Para ello, se establecerá un sistema de control y seguimiento periódico de la situación energética de las instalaciones en la FIA, estableciendo un programa organizado donde pueda registrarse los resultados que se pueden obtener acerca del ahorro energético. Este programa puede contener lo siguiente²⁶:

- Control:
 - Debe crearse un Comité Energético que ejecutarán y darán seguimiento a las acciones identificadas y determinarán metas de ahorro energético en cada instalación.
 - Un medio de comunicación entre los encargados de las distintas instalaciones para reportar al Comité los resultados de sus esfuerzos del rendimiento energético de las instalaciones.
 - Incentivar la conciencia energética a los usuarios por medio: Afiches con información, cartas dirigidas a todos los empleados, calcomanías a colocar cerca de equipos a utilizar de forma más racional, boletines informativos, jornadas educativas, videos, camisetas, concursos, premios y reconocimientos.
 - Se debe evaluar la aplicación de las medidas en un período de tiempo determinado, como propuesta puede ser cada 3 meses.
- Seguimiento:
 - Se realizará mediante el registro periódico y permanente de los consumos de energía, en donde se podrá dar seguimiento al cumplimiento de las metas

²⁶ Tomado de las presentaciones sobre Comités de Eficiencia Energética en el Sector Público y Comités de Eficiencia Energética en Instituciones Públicas. Consejo Nacional de Energía. Dirección de Eficiencia Energética y Energía Renovable. Gobierno de El Salvador.

establecidas para cada inmueble, para esto se requiere la adquisición de equipos de medición por edificio o, en todo caso por medio de la verificación en las facturas de electricidad.

- Se identificará la efectividad de las estrategias de motivación de la implementación del plan de acción.
- El comité de ahorro energético deberá permanecer en constante capacitación.
- Metas de ahorro
 - Se deberá elaborar un Programa que establezca la inversión requerida, las metas de ahorro, los indicadores de seguimiento, así como los mecanismos presupuestarios que permitan respaldar la inversión para implementar dichas medidas.
 - Se pondrán nuevas estrategias y nuevas metas.

Un programa de conservación de la energía sólo puede tener éxito si se despierta y mantiene el interés participativo de los empleados de las instalaciones. La comunicación con los empleados sobre el tema de la energía se puede lograr de muchas maneras diferentes: debate cara a cara, seminarios y talleres, distribución de material informativo y descriptivo, presentaciones de diapositivas e imágenes en movimiento, y lo más importante de todo, la práctica sincera de la conservación de la parte de la gestión en todo momento.

Los empleados que participen y que se sienten socios en la planificación y ejecución del programa estarán más inclinados a compartir el orgullo de los resultados

6.1. Comités Energéticos

Los Comités Energéticos están conformados tanto por las áreas administrativas, financieras como por las áreas técnicas de cada instalación (ver figura 32), cuyas funciones principales que tendrán para fomentar el ahorro y eficiencia energética dentro de las instalaciones están:

- Realizar campañas internas de información y concientización sobre el tema de eficiencia energética.
- La divulgación del programa dentro de las instalaciones.
- Evaluar la factibilidad de modificar infraestructura y espacios con técnicas de bioclimática,
- Sugerir la compra de equipos y maquinaria eficiente.
- El monitoreo permanente de los indicadores de ahorro del gasto energético que se hayan contemplado.

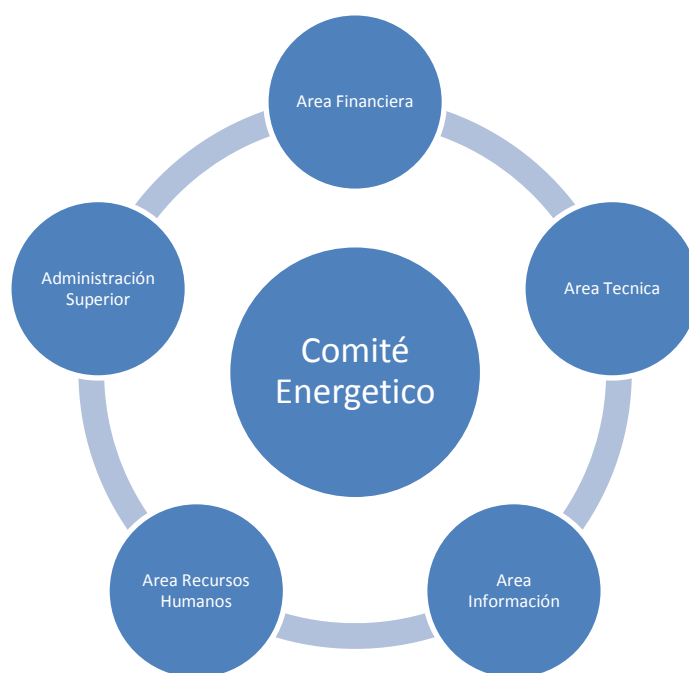


Figura 32. Estructura para la creación de Comité Energético. Fuente: Consejo Nacional de Energía - CNE

Entre los principales beneficios que se espera obtener con el impulso del Comité Energético es lograr un cambio cultural hacia un uso más eficiente de la energía entre los funcionarios que permita a un mediano plazo una reducción del gasto público con el fin de rentabilizar mejor los recursos de la institución.

7. Recomendaciones

Elaboración de una base de datos con la información necesaria de las instalaciones de la FIA, que comprenda un inventario de equipos de oficinas y auxiliares, equipos de aire acondicionado y lámparas conteniendo datos técnicos y operativos, también realizar un censo periódico de la cantidad de personal que hacen uso de las distintas instalaciones y así permitir la recopilación de los mismos de una manera más ágil y eficaz.

Fomentar el uso de la herramienta informática de análisis térmico y energético tal como ENERGY PLUS para el análisis y diseño de edificios dentro del campus de la FIA junto con herramientas (metodologías y normas) que ayuden a evaluar los rendimientos de operación energética en las instalaciones de la FIA a la larga en el campus de la UES para estudios posteriores.

Efectuar auditorías energéticas a las instalaciones de la FIA de manera constante y periódica de tal manera que se tenga un conocimiento operativo de estas, valorando las condiciones de las propuestas metodológicas para cada auditoría en cuanto a la aplicación de las medidas de eficiencia y ahorro energético y creando nuevas acciones de manera de mejorar el uso adecuado de la energía eléctrica por cada auditoría.

Instalar en cada una de las edificaciones un sistema de equipos de medición que permitan el monitoreo de parámetros eléctricos del uso energético que se hace en cada uno de ellos para poder realizar las medidas correspondientes de ahorro energético, así como tener un registro sobre el uso de la energía y potencia de cada edificio para posteriores estudios en los mismos.

Elevar la eficiencia energética a nivel de las autoridades de la FIA para que exista un plan adecuado de ahorro energético en los edificios y en la cultura de las personas, docentes, administrativos y estudiantes creando una estructura interna (comité energético) dentro de las autoridades superiores teniendo como función velar por el cumplimiento de acciones hacia un ahorro energético en las distintas instalaciones.

Si bien es cierto el uso de las nuevas alternativas de generación de electricidad, es de gran utilidad para la independencia de energías provenientes de combustibles fósiles, es mucho más importante informar a los usuarios y concientizarlos de la importancia de la aplicación de las medidas de eficiencia y ahorro energético mediante presentaciones, panfletos u otro medio de información.

Indicar a las diferentes carreras técnicas, sobre todo las destinadas a la construcción (especialmente Ingeniería Civil y Arquitectura), acerca de la importancia de tener en cuenta en su currícula asignaturas o cursos que estén relacionadas con los estudios de eficiencia energética, en la aplicación de herramientas efectivas para tales estudios.

8. Conclusiones

Se ha estudiado la aplicación de medidas que permitan la eficiencia energética en edificaciones públicas, especialmente la implementación de concientización de los usuarios y empleados de los edificios públicos, así como un buen diseño de estas construcciones, esto como una necesidad latente ante el emergente crecimiento de la demanda energética, especialmente aquella a base de combustible fósil y, ante la eminente preocupación por los efectos adversos generados por el deterioro en el medio ambiente.

Se comprobó que la utilización de metodologías de estudio de eficiencia energética es un procedimiento eficaz para la evaluación operativa energética en edificios junto con la aplicación de herramientas informáticas de análisis térmico - energético y normas que permitan obtener un mejor rendimiento energético en los edificios.

Se ha comprobado que un buen diseño de una construcción, en cuanto al uso de ventilación e iluminación natural, permite obtener reducción en el gasto de energía eléctrica, sin sacrificar el confort necesario para el desempeño de las labores, en el caso de los edificios de la FIA existentes desde años, se aplican estas medidas, como infiltración solar y la apertura de escapes de aire caliente que se puede transferir a otras zonas del edificios.

Se han obtenido los resultados deseados al aplicar las medidas de eficiencia energética por medio de las simulaciones de la demanda de los edificios de la FIA y se ha comprobado que puede obtenerse un ahorro en el consumo energético sin un sacrificio extremo de las condiciones de confort de trabajo que se necesitan, sino más bien un poco de concientización e inversión en el tema.

Se ha notado la necesidad aplicar la medidas de ahorro y eficiencia energética para los edificios de la FIA, dado el alto consumo de electricidad que provoca pagos onerosos de facturas de electricidad rondando los \$100,000 anuales (estimado, resultado de simulaciones), por lo que se obtuvo ahorros del 35.64% del total de las unidades estudiadas, ahorros económicos que podría invertirse en otras áreas de formación de la FIA y en todo el campus de la UES.

La creación de una estructura organizada dentro del seno de las entidades superiores de la FIA permitiría un control propicio de la operación energética de las distintas unidades velando por la adecuada eficiencia energética en estas. Para ello se requiere de un comité energético que imponga suficiente actitud y esfuerzo haciendo cumplir las diferentes gestiones hacia las metas de ahorros económicos como energéticos impuestos.

9. Bibliografía

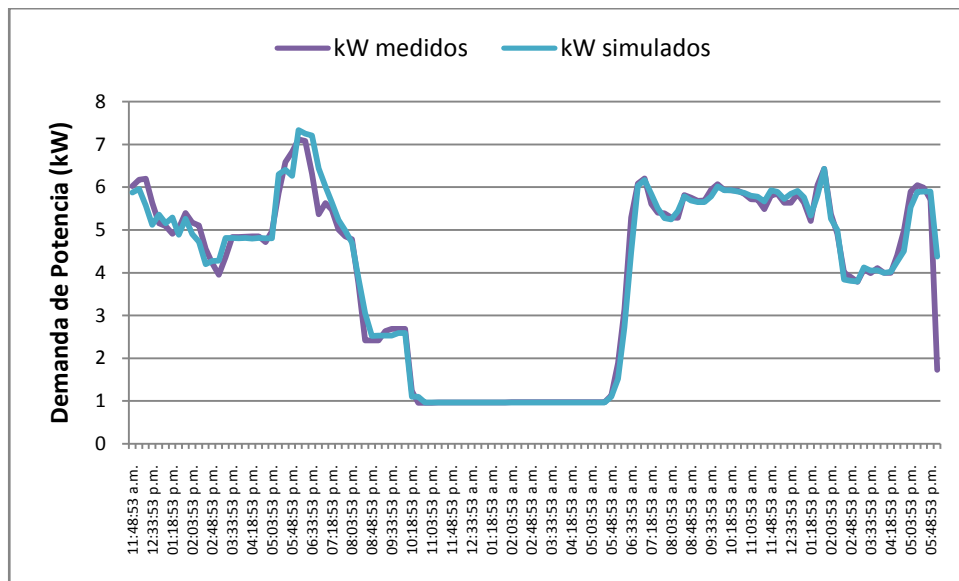
- Building Technology Program. U.S Department of Energy.
<http://www1.eere.energy.gov/buildings/>
- Programa EnergyPlus Versión 6.0 y Manual de EnergyPlus.
<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>
- Trabajo de graduación: Aplicación de simuladores de energía.
José Luis Gálvez Osorto. 2010
- Introduction to Building Simulation and EnergyPlus.
Undergraduate Course Curriculum Information.

Material preparado por: GARD Analytics, Inc. and University of Illinois at Urbana-Champaign under contract to the National Renewable Energy Laboratory. All material Copyright 2002-2003 U.S.D.O.E.
- IEEE Std 739-1995, IEEE Recommended Practice for Energy Management in Industrial and Commercial Facilities (IEEE Bronze Book), American National Standard (ANSI).
- ASHRAE. 2007. ASHRAE Handbook – Fundamentals.
Chapter 26, THERMAL AND WATER VAPOR TRANSMISSION DATA, Table 4 Typical Thermal Properties of Common Building and Insulating Materials—Design Values. Chapter 30, Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations, Table 19 Thermal Properties and Code Numbers of Layers Used in Wall and Roof Descriptions. Chapter 39 Physical Properties of Materials, Table 3 Properties of Solids.
Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- ASHRAE. 2004. Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings, ASHRAE Standard 90.1-2004. Atlanta, GA: American Society of Heating Refrigerating and Air- Conditioning Engineers, Inc.
- ASHRAE. 2004. Energy-Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings, ASHRAE Standard 90.2-2004. Atlanta, GA: American Society of Heating Refrigerating and Air- Conditioning Engineers, Inc.
- ASHRAE. (2001). ASHRAE Standard 62.1-2001 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

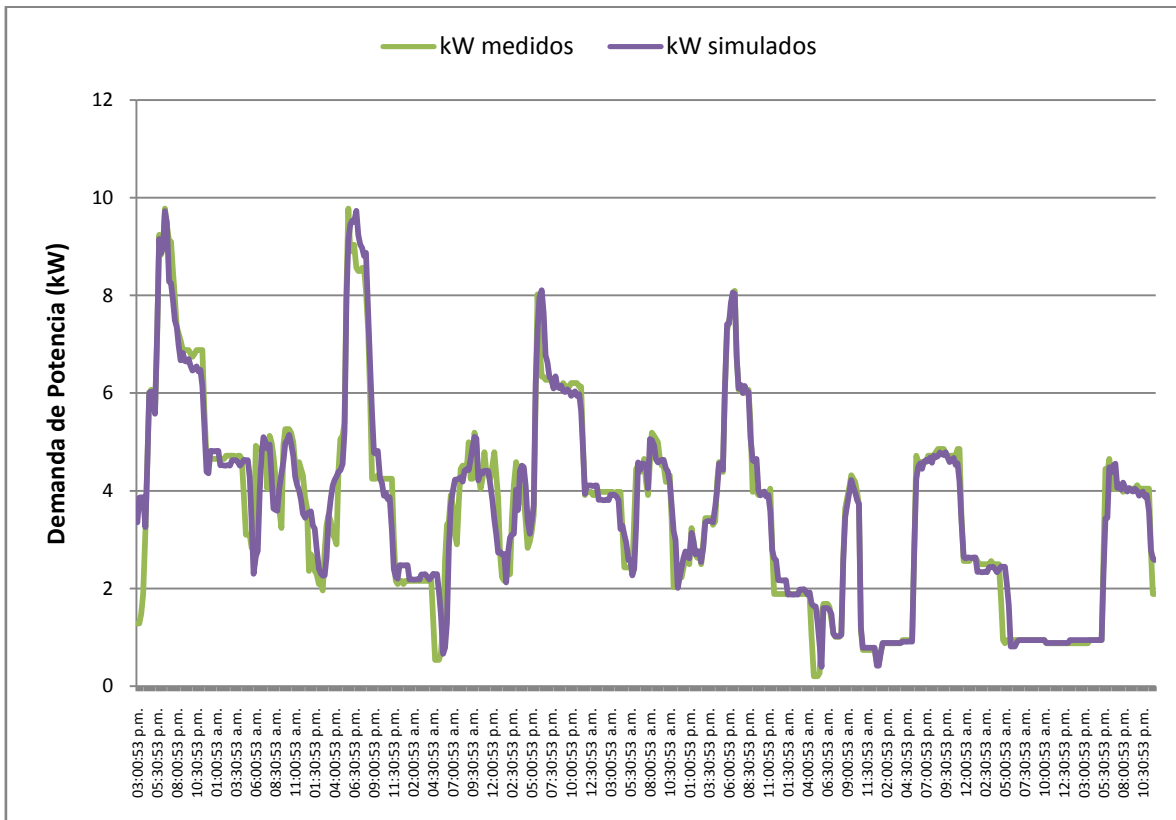
- ASHRAE. (2004a). Advanced Energy Design Guide for Small Office Buildings: Achieving 30% Energy Savings Over ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1999. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- ASHRAE. (2006). Advanced Energy Design Guide for Small Retail Buildings: Achieving 30% Energy Savings Over ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1999. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- Technical Support Document: Development of the Advanced Energy Design Guide for Small Office Buildings. Jarnagin, R.E.; Liu, B.; Winiarski, D.W.; McBride, M.F.; Suharli, L.; Walden, D. (2006). Richland, WA: Pacific Northwest National Laboratory, Report No. PNNL-16250.
- Technical Support Document: Strategies for 50% Energy Savings in Large Office Buildings. Matthew Leach, Chad Lobato, Adam Hirsch, Shanti Pless, and Paul Torcellini. Technical Report NREL/TP-550-49213 September 2010.
- Martínez Aarón. Borrador: Caracterización de edificios públicos. Preparado para PNUD. 2010.
- Martínez Aarón. Análisis estadístico de consumo energético en Hospitales en El Salvador. Preparado para PNUD. 2010.
- Boletín de Estadísticas Electricas 2010
Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET)
<http://www.siget.gob.sv/>
- Eficiencia Energética Tatiana Salazar
Unidad de Capacitación y Asistencia Técnica - UCATEE
<http://www.cnpml.org.sv/ucatee/UCATEEBreve/ee.aspx>
- Consejo Nacional de Energía. - CNE
Gobierno de El Salvador
<http://www.cne.gob.sv/>

10. Anexo

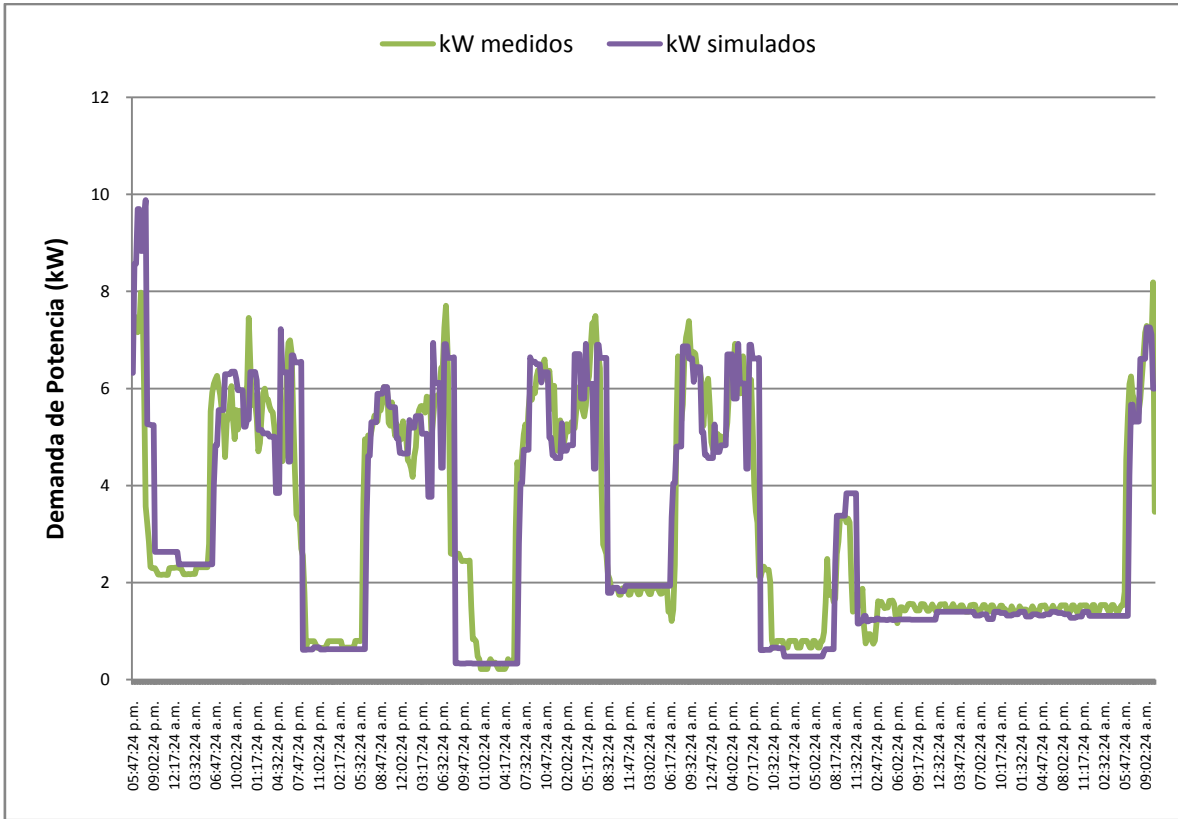
A. Validación de las mediciones respecto de las simulaciones de las instalaciones



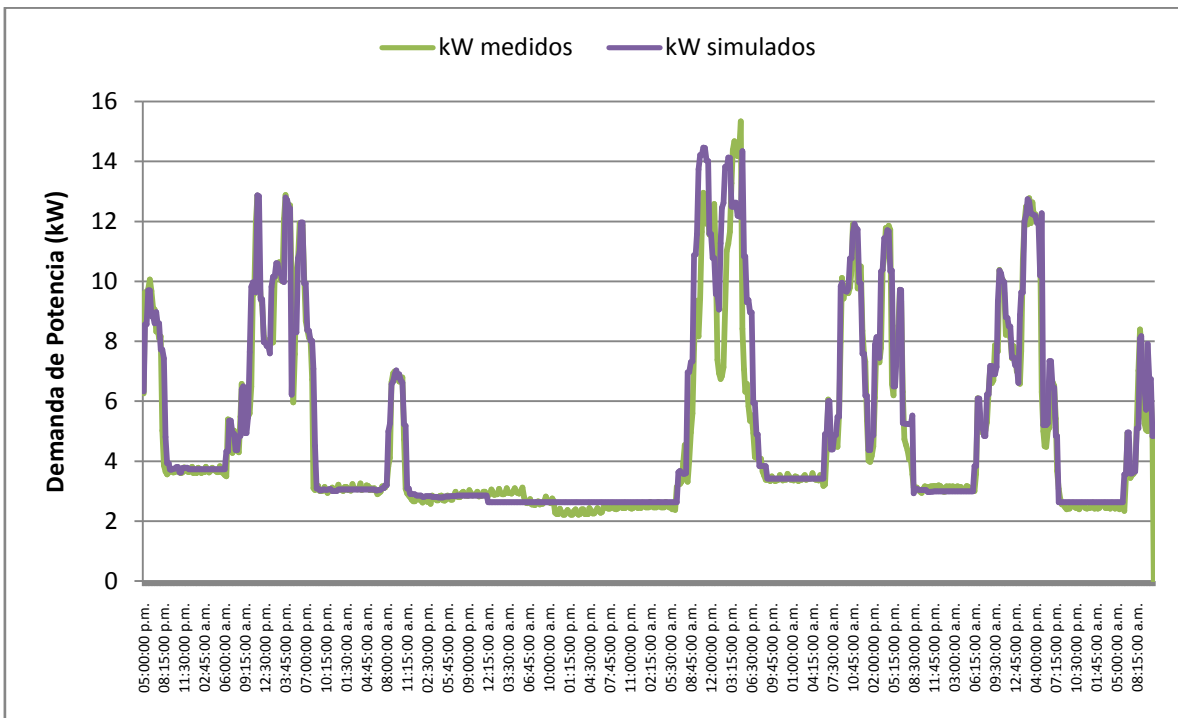
Gráfica A1. Demanda de potencia simulada y medida para el edificio de aulas B en el periodo del 5 al 6 de abril del 2011.



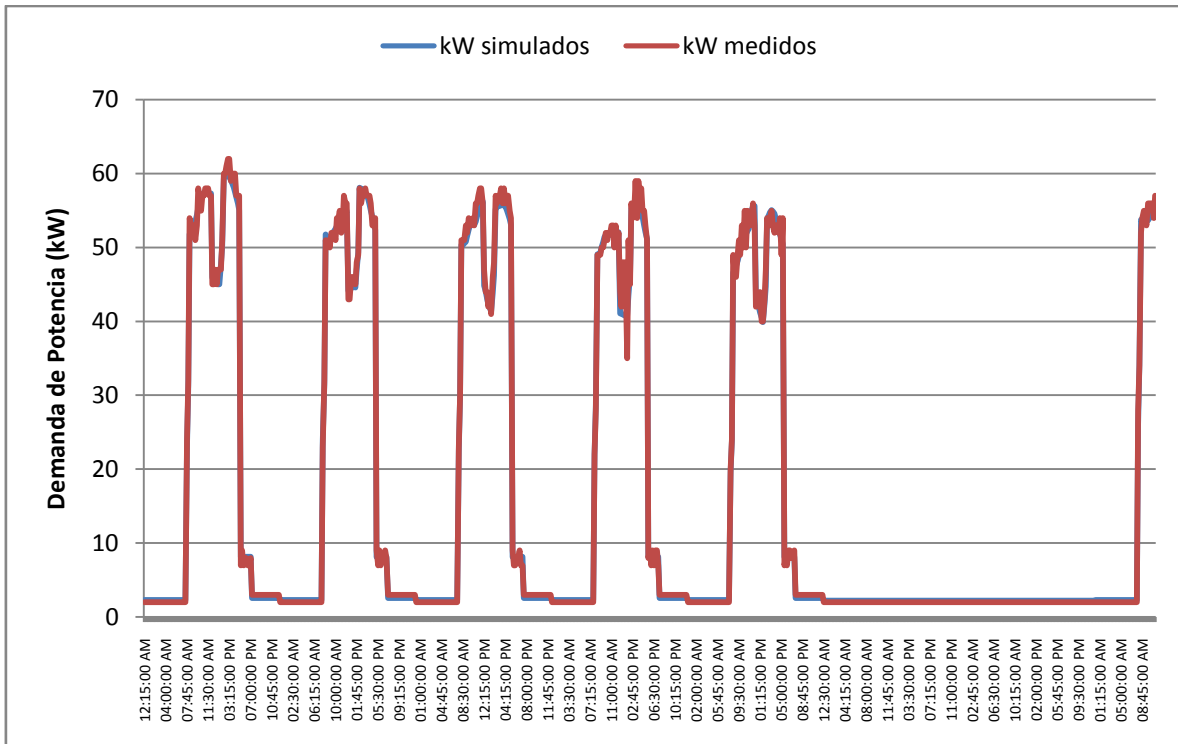
Gráfica A2. Demanda de potencia simulada y medida para el edificio de aulas C en el periodo del 3 al 9 de mayo del 2011.



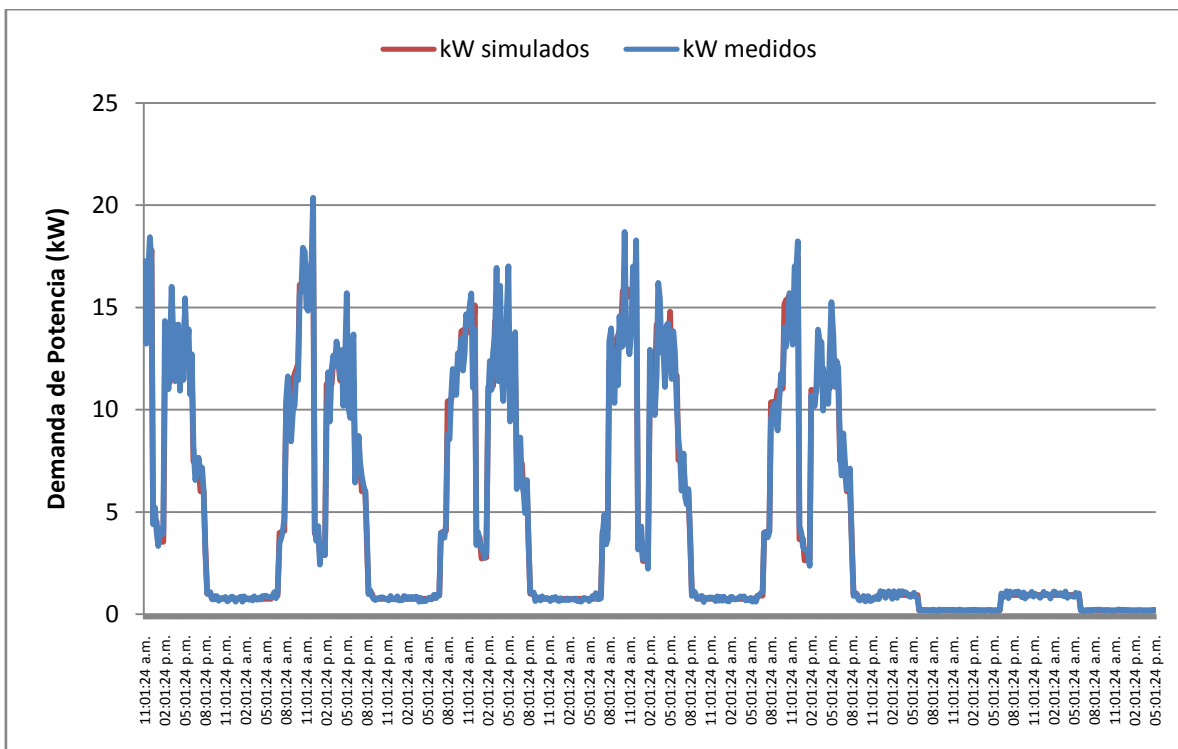
Gráfica A3. Demanda de potencia simulada y medida para el edificio de aulas D y Escuela de Arquitectura en el periodo del 28 de marzo al 4 de abril del 2011.



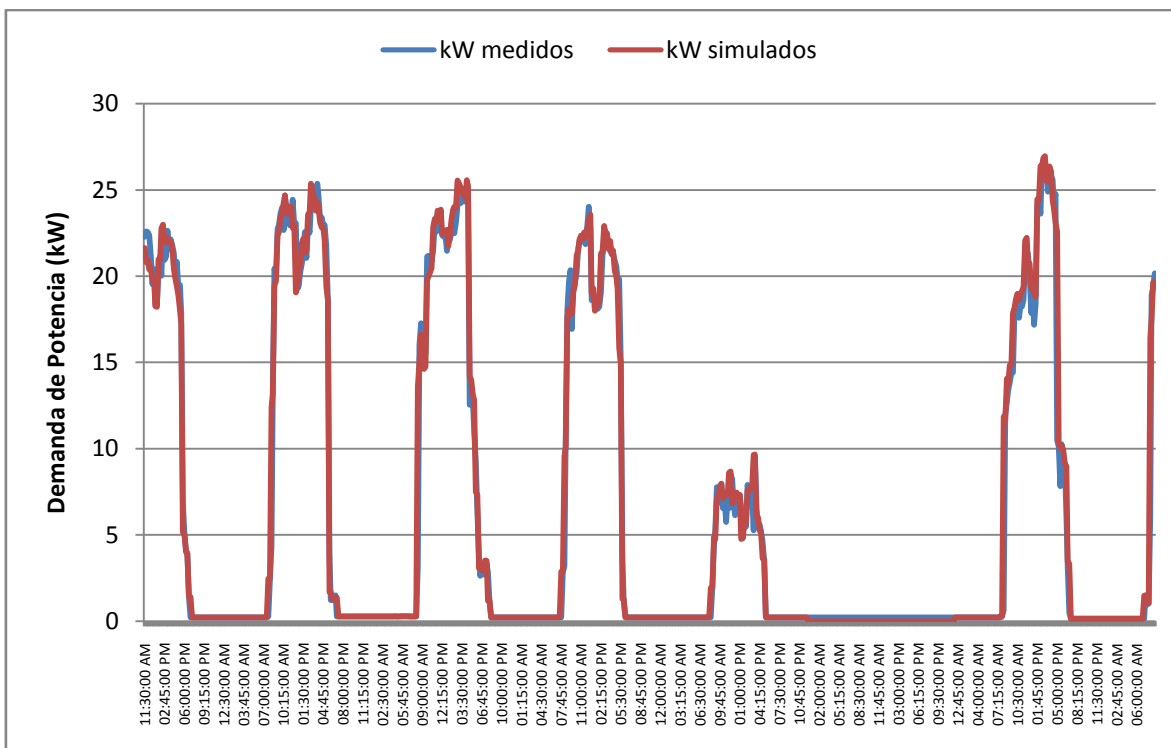
Gráfica A4. Demanda de potencia simulada y medida para el edificio de Escuela de Ingeniería Mecánica e Ingeniera Química en el periodo del 7 al 14 de abril del 2011.



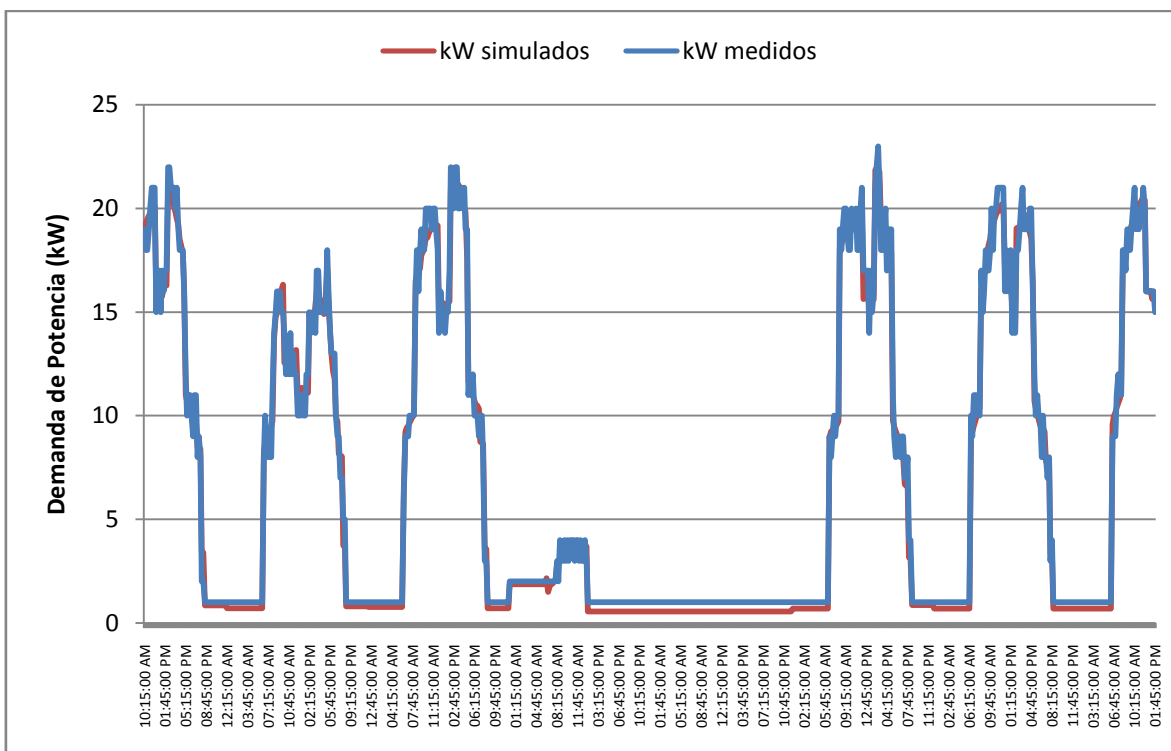
Gráfica A5. Demanda de potencia simulada y medida para el edificio de Administración Académica de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura en el periodo del 22 al 29 de abril del 2011.



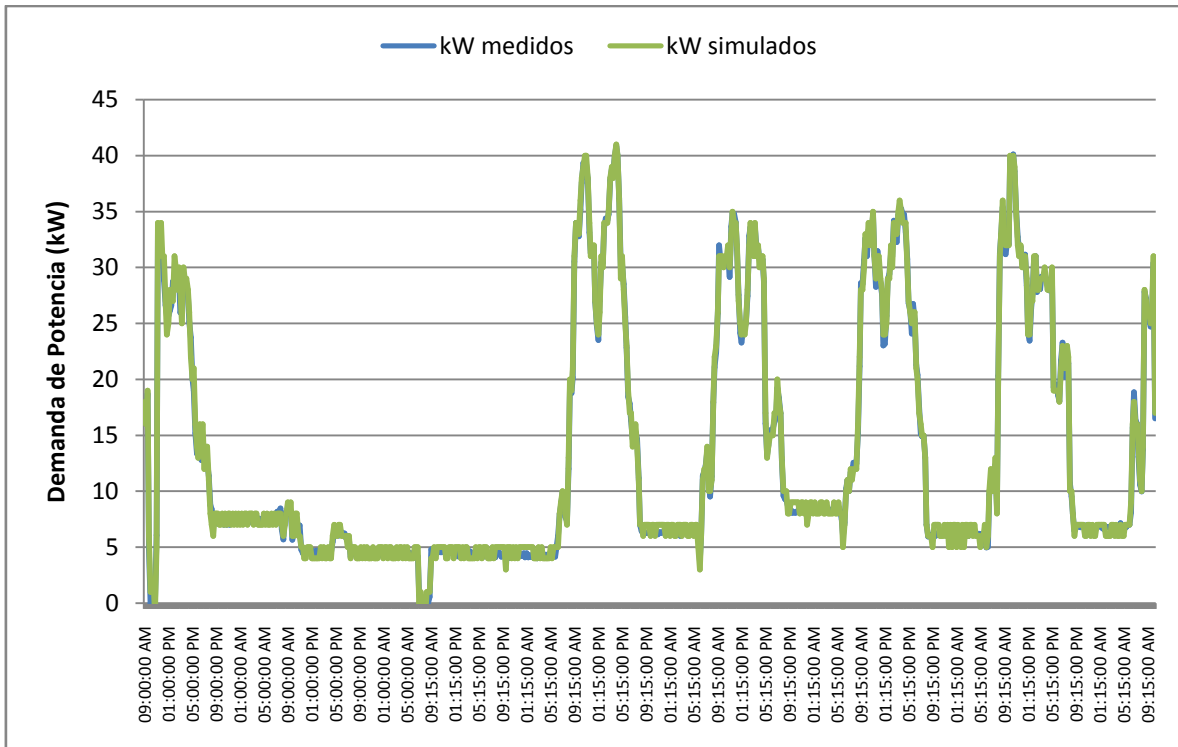
Gráfica A6. Demanda de potencia simulada y medida para el edificio de Escuela de Ingeniería Eléctrica en el periodo del 20 al 27 de junio del 2011.



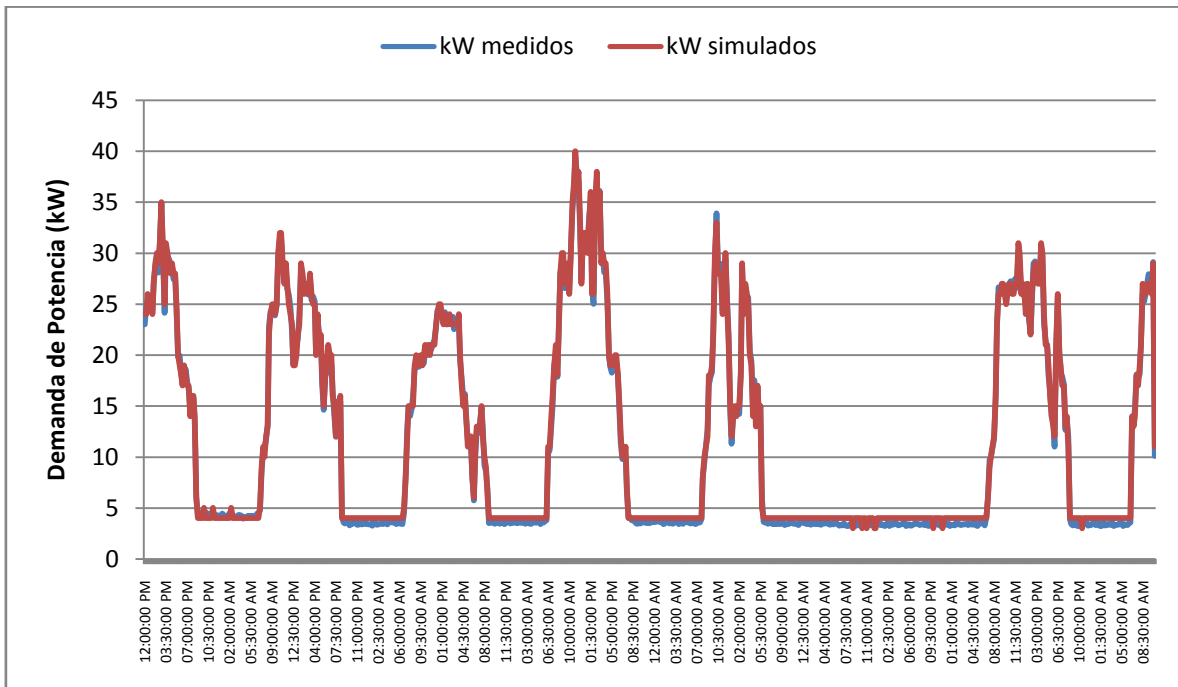
Gráfica A7. Demanda de potencia simulada y medida para las instalaciones del Centro de Investigaciones de Análisis Nuclear (CIAN) en el periodo del 30 de abril al 4 de mayo del 2011.



Gráfica A8. Demanda de potencia simulada y medida para las instalaciones de la Unidad de Ciencias Básicas (UCB) en el periodo del 11 al 18 de mayo del 2011.



Gráfica A9. Demanda de potencia simulada y medida para el edificio de Ingeniería Industrial e Ingeniería en Sistemas Informáticos en el periodo del 25 de marzo al 1 de abril del 2011.



Gráfica A10. Demanda de potencia simulada y medida para el edificio de Ingeniería Industrial e Ingeniería en Sistemas Informáticos en el periodo del 25 de marzo al 1 de abril del 2011.

B. Resultados de las simulaciones del Modelo Línea Base y los Modelos Ahorro de Energía

Tabla B1. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del edificio de Administración Académica de la FIA.

MES	MODELO LINEA BASE					MEDIDA 1: HABITOS ENERGETICOS					MEDIDA 2: ILUMINACION EFICIENTE				
	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENEGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	5875.03	59.38	750.61	198.22	1085.29	5738.12	58.47	733.04	195.18	1061.97	4260.51	44.31	542.79	147.89	793.23
FEBRERO	10696.45	62.02	1366.91	207.02	1792.54	10440.52	61.09	1334.05	203.91	1751.84	7887.58	45.43	1005.35	151.64	1320.81
MARZO	12439.44	66.14	1590.11	220.78	2060.64	12123.39	65.13	1549.47	217.39	2010.82	9491.67	48.28	1210.64	161.17	1563.86
ABRIL	7752.46	59.95	1082.59	200.13	1463.05	7552.8	59.01	1054.47	196.99	1427.69	6062.51	47.08	845.24	157.14	1145.89
MAYO	11021.24	59.31	1719.4	197.99	2181.12	10716.98	58.39	1671.57	194.89	2123.5	8326.86	44.47	1295.75	148.44	1645.74
JUNIO	10017.06	57.71	1561.5	192.63	1996.4	9719.55	56.72	1514.71	189.33	1939.74	7526.44	42.69	1169.87	142.51	1496.62
JULIO	10524.2	61.21	1640.62	204.32	2099.15	10218.86	60.24	1592.61	201.08	2041.16	7840.42	45.49	1218.62	151.85	1562.34
AGOSTO	8556.46	52.71	1333.73	175.94	1719.83	8312.77	51.85	1295.41	173.06	1673.22	6556.25	41.50	1019.22	138.54	1321.68
SEPTIEMBRE	9521.44	51.50	1483.56	171.9	1884.79	9254.17	50.63	1441.56	168.99	1833.97	7370.82	41.54	1145.43	138.68	1464.63
OCTUBRE	10390.68	55.09	1452.7	183.9	1863.44	10128.57	54.17	1415.54	180.81	1817.9	7910.31	42.73	1101.61	142.63	1419.52
NOVIEMBRE	10643.54	58.93	1387.28	196.7	1803.9	10390.66	58.00	1353.84	193.6	1762.56	7887.4	43.73	1022.42	145.98	1333.72
DICIEMBRE	5502.64	56.58	717.16	188.86	1036.85	5373.77	55.69	700.12	185.9	1014.23	4045.83	42.43	524.31	141.64	765.24
ANUAL	112940.64		16086.17	2338.39	20987.00	109970.16		15656.39	2301.13	20458.60	85166.60		12101.25	1768.11	15833.28
PROMEDIO ANUAL	9411.72		1340.51	194.87	1748.92	9164.18		1304.70	191.76	1704.88	7097.22		1008.44	147.34	1319.44
MINIMO	5502.64	51.50	717.16	171.90	1036.85	5373.77	50.63	700.12	168.99	1014.23	4045.83	41.50	524.31	138.54	765.24
MAXIMO	12439.44	66.14	1719.40	220.78	2181.12	12123.39	65.13	1671.57	217.39	2123.50	9491.67	48.28	1295.75	161.17	1645.74

Tabla B1. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del edificio de Administración Académica de la FIA (Continuación).

MES	MEDIDA 3: AIRE ACONDICIONADO					MEDIDA 4: COMBINACION DE MEDIDAS						
	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENEGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENEGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	4640.39		47.26	591.62	157.77	859.64	4000.94		41.77	509.31	139.43	745.78
FEBRERO	8619.16		49.97	1099.41	166.79	1444.37	7419.73		42.89	945.02	143.16	1242.95
MARZO	10374.92		54.16	1324.25	180.79	1714.59	8942.9		46.01	1139.87	153.59	1475.21
ABRIL	6597.83		52.13	920.25	174.03	1249.86	5715.25		44.79	796.15	149.51	1081.72
MAYO	9185.52		49.15	1430.74	164.05	1816.14	7867.48		41.67	1223.41	139.09	1553.33
JUNIO	8342.49		46.92	1298.18	156.63	1657.76	7124.08		39.91	1106.5	133.22	1414.41
JULIO	8761.83		50.66	1363.5	169.11	1745.78	7423.15		43.15	1152.91	144.04	1479.16
AGOSTO	7295.05		45.27	1135.38	151.13	1467.34	6212.28		39.54	965.05	132	1252.99
SEPTIEMBRE	8117.52		43.37	1262.8	144.79	1604.34	6991.44		39.28	1085.67	131.11	1388.45
OCTUBRE	8659.02		44.95	1208.16	150.06	1548.47	7486.51		40.34	1041.58	134.66	1342.59
NOVIEMBRE	8563.39		45.26	1111.86	151.06	1440.66	7425.99		41.14	961.16	137.32	1254.61
DICIEMBRE	4423.43		44.17	574.27	147.45	828.34	3813.06		40.04	493.4	133.64	721.23
ANUAL	93580.55			13320.42	1913.66	17377.29	80422.81			11420.03	1670.77	14952.43
PROMEDIO ANUAL	7798.38			1110.04	159.47	1448.11	6701.90			951.67	139.23	1246.04
MINIMO	4423.43		43.37	574.27	144.79	828.34	3813.06		39.28	493.40	131.11	721.23
MAXIMO	10374.92		54.16	1430.74	180.79	1816.14	8942.90		46.01	1223.41	153.59	1553.33

Tabla B2. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica.

MES	MODELO LINEA BASE					MEDIDA 1: HABITOS ENERGETICOS					MEDIDA 2: ILUMINACION EFICIENTE				
	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	2166.32	30.12	277.05	100.54	439.00	1887.47	29.57	244.43	98.71	400.02	2036.51	26.97	260.33	90.02	360.77
FEBRERO	3701.84	31.01	475.90	103.51	667.34	3397.41	30.42	439.67	101.55	624.12	3450.54	28.50	443.53	95.14	549.08
MARZO	4377.53	31.72	562.95	105.88	768.51	4033.38	31.14	521.91	103.93	719.87	4038.68	28.45	519.29	94.98	624.69
ABRIL	2793.07	32.61	392.86	108.84	579.41	2512.23	32.04	355.55	106.94	535.05	2572.35	29.32	361.85	97.87	470.14
MAYO	3998.71	32.53	625.71	108.59	842.57	3679.53	31.95	578.92	106.66	787.46	3617.99	28.89	565.84	96.45	672.71
JUNIO	3853.84	30.68	603.03	102.40	809.91	3546.12	30.08	557.93	100.39	756.62	3484.04	27.08	544.87	90.38	645.68
JULIO	3930.05	31.40	614.85	104.81	826.01	3613.64	30.83	568.50	102.91	771.43	3530.03	27.58	551.94	92.07	654.43
AGOSTO	3388.27	30.80	529.68	102.82	727.39	3082.10	30.24	484.94	100.94	674.65	3095.80	28.06	483.68	93.68	587.78
SEPTIEMBRE	3791.31	30.18	593.20	100.73	796.90	3478.06	29.61	547.24	98.84	742.77	3526.03	26.98	551.48	90.06	651.96
OCTUBRE	3896.92	30.11	548.24	100.51	745.79	3573.57	29.54	507.02	98.60	696.99	3640.10	27.91	511.65	93.17	615.24
NOVIEMBRE	3797.09	29.69	497.98	99.10	687.32	3478.45	29.10	461.11	97.13	643.37	3564.58	26.91	467.19	89.83	567.44
DICIEMBRE	2154.17	29.48	280.09	98.40	440.01	1877.84	28.89	249.00	96.44	402.62	2034.44	26.91	264.24	89.83	364.49
ANUAL	41849.12		6001.54	1236.13	8330.16	38159.80		5516.22	1213.04	7754.97	38591.09		5525.89	1113.48	6764.41
PROMEDIO ANUAL	3487.43		500.13	103.01	694.18	3179.98		459.69	101.09	646.25	3215.92		460.49	92.79	563.70
MINIMO	2154.17	29.48	277.05	98.40	439.00	1877.84	28.89	244.43	96.44	400.02	2034.44	26.91	260.33	89.83	360.77
MAXIMO	4377.53	32.61	625.71	108.84	842.57	4033.38	32.04	578.92	106.94	787.46	4038.68	29.32	565.84	97.87	672.71

Tabla B2. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica (Continuación).

	MEDIDA 3: AIRE ACONDICIONADO					MEDIDA 4: COMBINACION DE MEDIDAS						
	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	2032.1		27.1	259.8	90.5	408.1	1688.2		25.0	218.8	83.4	353.6
FEBRERO	3446.1		27.4	443.0	91.5	616.4	3014.1		25.9	390.3	86.6	551.3
MARZO	4031.9		27.6	518.4	92.0	702.4	3513.3		26.0	454.9	86.9	624.8
ABRIL	2561.4		27.9	360.2	93.1	524.7	2169.3		27.0	307.3	90.2	461.6
MAYO	3694.8		27.9	577.9	93.1	771.0	3138.1		26.7	493.8	89.0	671.2
JUNIO	3630.4		27.2	567.9	90.9	757.1	3058.8		25.2	481.3	84.0	651.4
JULIO	3654.8		27.5	571.6	91.9	762.4	3067.1		25.4	482.6	84.9	653.9
AGOSTO	3162.0		27.3	494.1	91.1	673.9	2660.8		26.3	418.7	87.7	584.7
SEPTIEMBRE	3583.3		27.1	560.5	90.5	748.3	3095.9		24.8	487.2	82.7	656.5
OCTUBRE	3651.4		27.1	513.4	90.4	694.9	3175.9		25.4	450.4	84.8	617.3
NOVIEMBRE	3564.5		27.0	467.2	90.0	642.1	3119.4		24.6	413.6	82.0	572.4
DICIEMBRE	2034.7		26.9	264.3	89.8	412.4	1697.0		24.9	225.1	83.0	360.3
ANUAL	39047.3			5598.1	1094.8	7713.8	33397.9			4823.8	1025.2	6759.1
PROMEDIO ANUAL	3253.9			466.5	91.2	642.8	2783.2			402.0	85.4	563.3
MINIMO	2032.1		26.9	259.8	89.8	408.1	1688.2		24.6	218.8	82.0	353.6
MAXIMO	4031.9		27.9	577.9	93.1	771.0	3513.3		27.0	493.8	90.2	671.2

Tabla B3. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial e Ingeniería en Sistemas Informáticos.

MES	MODELO LINEA BASE					MEDIDA 1: HABITOS ENERGETICOS					MEDIDA 2: ILUMINACION EFICIENTE				
	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENEGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	5045.62	47.41	639.28	158.25	914.12	4392.34	45.43	555.02	151.64	811.31	4231.50	37.25	534.43	124.33	757.12
FEBRERO	8721.98	47.95	1109.91	160.04	1448.61	7527.97	45.69	955.88	152.50	1265.81	7227.17	37.66	917.40	125.70	1191.95
MARZO	10550.18	48.51	1343.62	161.93	1715.17	9064.40	46.27	1151.96	154.45	1489.86	8887.25	40.63	1129.46	135.61	1443.09
ABRIL	6813.30	48.53	950.33	161.99	1270.26	5891.43	46.02	820.37	153.62	1113.77	5813.74	40.48	809.79	135.13	1080.87
MAYO	9510.15	46.94	1478.63	156.70	1862.00	8244.28	44.57	1279.51	148.77	1627.75	7876.95	37.78	1221.81	126.09	1536.81
JUNIO	8767.86	45.72	1362.13	152.62	1725.58	7619.32	43.85	1181.47	146.37	1514.11	7170.33	34.84	1110.93	116.30	1400.27
JULIO	9272.07	47.86	1441.19	159.76	1823.10	8018.60	46.64	1244.02	155.69	1595.43	7579.89	37.47	1175.10	125.08	1482.81
AGOSTO	7860.35	44.40	1220.56	148.22	1560.43	6824.19	43.19	1057.58	144.17	1371.45	6495.85	35.67	1006.00	119.05	1284.67
SEPTIEMBRE	8440.09	42.21	1310.58	140.89	1653.98	7349.67	41.57	1139.07	138.76	1457.52	6975.20	34.11	1080.23	113.87	1362.79
OCTUBRE	8950.73	43.41	1247.06	144.91	1586.66	7793.30	42.50	1082.61	141.88	1397.18	7421.14	35.49	1029.88	118.47	1311.04
NOVIEMBRE	8791.36	43.91	1137.29	146.58	1464.36	7648.24	43.09	985.85	143.82	1289.91	7276.18	36.40	936.67	121.50	1209.00
DICIEMBRE	4845.57	43.17	621.79	144.09	878.31	4255.10	42.69	543.57	142.49	788.00	4059.49	35.68	517.71	119.10	732.27
ANUAL	97569.26		13862.37	1835.98	17902.58	84628.84		11996.91	1774.16	15722.10	81014.69		11469.41	1480.23	14792.69
PROMEDIO ANUAL	8130.77		1155.20	153.00	1491.88	7052.40		999.74	147.85	1310.18	6751.22		955.78	123.35	1232.72
MINIMO	4845.57	42.21	621.79	140.89	878.31	4255.10	41.57	543.57	138.76	788.00	4059.49	34.11	517.71	113.87	732.27
MAXIMO	10550.18	48.53	1478.63	161.99	1862.00	9064.40	46.64	1279.51	155.69	1627.75	8887.25	40.63	1221.81	135.61	1536.81

Tabla B3. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial e Ingeniería en Sistemas Informáticos (Continuación).

	MEDIDA 3: AIRE ACONDICIONADO					MEDIDA 4: COMBINACION DE MEDIDAS						
MES	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	3831.89		31.06	482.88	103.68	675.43	3077.03		26.02	385.64	86.86	546.38
FEBRERO	6452.02		31.26	817.38	104.33	1054.62	5078.72		27.19	640.49	90.77	839.14
MARZO	7632.29		31.61	967.61	105.53	1225.93	6055.71		27.21	764.52	90.83	979.53
ABRIL	4945.64		32.26	687.36	107.68	911.29	3985.01		26.43	552.16	88.23	736.32
MAYO	6993.78		31.04	1082.89	103.60	1354.19	5520.41		27.08	851.20	90.38	1077.10
JUNIO	6738.61		30.32	1043.00	101.22	1306.37	5310.98		25.91	818.50	86.50	1035.71
JULIO	6905.47		31.74	1069.01	105.95	1341.14	5395.23		25.74	831.52	85.91	1049.77
AGOSTO	5966.18		30.07	922.67	100.36	1169.25	4738.28		27.12	729.58	90.53	939.67
SEPTIEMBRE	6648.30		29.28	1028.80	97.74	1286.35	5322.56		25.99	820.32	86.74	1038.04
OCTUBRE	6798.50		29.37	941.48	98.04	1187.90	5413.69		26.87	744.91	89.70	956.06
NOVIEMBRE	6684.12		29.55	858.23	98.63	1094.38	5286.73		26.62	673.19	88.86	873.96
DICIEMBRE	3792.00		29.51	482.26	98.49	668.86	3070.74		26.73	386.76	89.23	550.32
ANUAL	73388.80			10383.57	1225.25	13275.71	58255.09			8198.79	1064.54	10622.00
PROMEDIO ANUAL	6115.73			865.30	102.10	1106.31	4854.59			683.23	88.71	885.17
MINIMO	3792.00		29.28	482.26	97.74	668.86	3070.74		25.74	385.64	85.91	546.38
MAXIMO	7632.29		32.26	1082.89	107.68	1354.19	6055.71		27.21	851.20	90.83	1077.10

Tabla B4. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del edificio de la Biblioteca de la FIA.

MES	MODELO LINEA BASE					MEDIDA 1: HABITOS ENERGETICOS					MEDIDA 2: ILUMINACION EFICIENTE				
	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENEGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	4959.65	45.65	631.22	152.39	898.37	4608.99	44.39	586.08	148.19	842.54	3487.25	31.06	441.80	103.69	628.96
FEBRERO	9099.47	48.51	1158.40	161.92	1505.60	8459.16	47.26	1075.99	157.76	1407.65	6409.16	33.46	812.31	111.68	1057.19
MARZO	10742.09	48.81	1367.53	162.93	1743.35	10002.67	47.70	1272.36	159.24	1631.49	7558.17	35.30	957.84	117.83	1228.81
ABRIL	6985.71	51.05	971.47	170.42	1303.73	6534.66	49.80	907.93	166.23	1227.09	5039.47	36.05	697.55	120.32	937.13
MAYO	9710.41	49.74	1507.51	166.03	1905.23	9036.92	48.54	1401.65	162.02	1780.93	6856.75	33.85	1059.28	113.00	1338.10
JUNIO	9223.82	47.06	1432.82	157.10	1810.62	8555.32	44.60	1327.75	148.88	1682.45	6398.16	31.39	988.88	104.79	1249.17
JULIO	9703.69	51.14	1506.85	170.70	1909.76	9031.55	49.89	1401.21	166.54	1785.53	6827.73	36.41	1055.07	121.53	1342.98
AGOSTO	7976.03	48.44	1238.96	161.70	1596.49	7402.30	47.18	1148.77	157.50	1489.71	5534.56	33.62	855.40	112.22	1106.55
SEPTIEMBRE	8938.02	46.51	1388.68	155.25	1758.60	8269.85	45.27	1283.66	151.10	1635.08	6174.84	30.80	954.57	102.81	1208.11
OCTUBRE	9398.16	46.22	1307.72	154.27	1665.88	8727.98	43.79	1212.73	146.16	1549.23	6631.50	30.57	915.71	102.04	1163.27
NOVIEMBRE	9154.44	45.68	1183.99	152.49	1523.88	8485.18	44.41	1095.45	148.25	1418.91	6405.00	31.63	820.64	105.59	1059.73
DICIEMBRE	4708.50	45.05	609.07	150.38	871.04	4357.96	42.51	562.70	141.89	808.96	3282.90	29.33	420.65	97.89	598.47
ANUAL	100599.99		14304.22	1915.58	18492.55	93472.54		13276.28	1853.76	17259.57	70605.49		9979.70	1313.39	12918.47
PROMEDIO ANUAL	8383.33		1192.02	159.63	1541.05	7789.38		1106.36	154.48	1438.30	5883.79		831.64	109.45	1076.54
MINIMO	4708.50	45.05	609.07	150.38	871.04	4357.96	42.51	562.70	141.89	808.96	3282.90	29.33	420.65	97.89	598.47
MAXIMO	10742.09	51.14	1507.51	170.70	1909.76	10002.67	49.89	1401.65	166.54	1785.53	7558.17	36.41	1059.28	121.53	1342.98

Tabla B4. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del edificio de la Biblioteca de la FIA (Continuación).

MES	MEDIDA 3: AIRE ACONDICIONADO					MEDIDA 4: COMBINACION DE MEDIDAS						
	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENEGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENEGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	4586.45		43.61	583.99	145.57	837.21	3265.02		30.19	413.95	100.78	594.15
FEBRERO	8399.97		46.14	1069.86	154.03	1396.50	5979.76		33.54	758.44	111.96	996.56
MARZO	9942.15		47.24	1266.22	157.70	1622.81	7062.20		32.31	895.59	107.84	1147.07
ABRIL	6440.34		48.70	895.86	162.55	1209.28	4680.92		34.89	648.10	116.46	876.81
MAYO	8999.34		47.52	1397.70	158.61	1772.60	6467.25		33.35	999.84	111.32	1268.95
JUNIO	8592.43		45.24	1335.15	151.03	1693.25	6107.50		29.75	944.66	99.30	1192.92
JULIO	8962.84		48.78	1392.33	162.83	1771.29	6401.17		33.96	989.79	113.35	1259.88
AGOSTO	7439.51		45.94	1156.05	153.36	1493.25	5280.74		32.74	816.81	109.27	1059.56
SEPTIEMBRE	8389.23		44.23	1303.79	147.64	1653.94	6005.37		31.36	929.19	104.70	1181.53
OCTUBRE	8774.29		44.07	1221.48	147.10	1560.20	6367.10		32.77	880.07	109.40	1131.28
NOVIEMBRE	8509.24		43.39	1101.47	144.82	1421.85	6106.70		31.36	783.80	104.68	1017.02
DICIEMBRE	4399.83		43.12	569.60	143.94	819.09	3178.16		33.69	408.05	112.47	600.71
ANUAL	93435.62			13293.50	1829.18	17251.27	66901.89			9468.29	1301.53	12326.44
PROMEDIO ANUAL	7786.30			1107.79	152.43	1437.61	5575.16			789.02	108.46	1027.20
MINIMO	4399.83		43.12	569.60	143.94	819.09	3178.16		29.75	408.05	99.30	594.15
MAXIMO	9942.15		48.78	1397.70	162.83	1772.60	7062.20		34.89	999.84	116.46	1268.95

Tabla B5. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del edificio de la Escuela de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Química.

MES	MODELO LINEA BASE					MEDIDA 1: HABITOS ENERGETICOS					MEDIDA 2: ILUMINACION EFICIENTE				
	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	1813.63	12.84	228.16	42.86	318.43	1673.99	12.80	210.93	42.73	298.78	1713.35	11.72	215.27	39.11	299.60
FEBRERO	3370.88	14.70	424.82	49.07	547.95	3115.98	14.32	393.47	47.80	511.04	3188.37	13.74	401.37	45.88	517.80
MARZO	3956.39	14.57	499.58	48.62	632.02	3673.36	14.23	464.76	47.51	591.38	3749.40	13.61	472.97	45.43	598.31
ABRIL	3156.57	14.67	442.67	48.98	568.04	2967.00	14.40	417.26	48.06	538.26	3026.08	13.72	424.38	45.80	543.75
MAYO	3812.51	14.61	586.65	48.77	730.70	3545.28	14.35	546.23	47.90	683.99	3619.81	13.65	556.54	45.58	693.03
JUNIO	3477.22	14.19	534.21	47.36	669.78	3215.42	13.49	494.65	45.02	622.38	3286.83	13.23	504.47	44.15	632.49
JULIO	3554.81	14.41	545.86	48.10	683.80	3276.90	13.71	503.94	45.76	633.72	3362.15	13.46	515.78	44.92	646.17
AGOSTO	3508.86	14.36	539.09	47.94	675.96	3284.06	14.20	505.09	47.40	636.87	3345.12	13.40	513.50	44.73	643.37
SEPTIEMBRE	3660.74	14.38	563.03	48.01	703.12	3392.87	13.68	522.63	45.67	654.76	3465.16	13.42	532.49	44.80	664.94
OCTUBRE	3789.34	14.36	520.05	47.93	654.39	3510.95	13.86	482.79	46.27	610.37	3593.29	13.39	492.52	44.71	619.61
NOVIEMBRE	3542.73	14.03	448.73	46.85	572.49	3275.11	13.33	416.01	44.49	532.80	3350.35	13.03	423.59	43.50	540.25
DICIEMBRE	1717.92	12.65	217.29	42.22	305.40	1583.65	12.61	200.83	42.10	286.65	1619.10	11.52	204.37	38.45	286.52
ANUAL	39361.59		5550.14	566.71	7062.08	36514.55		5158.59	550.71	6601.00	37319.00		5257.25	527.06	6685.84
PROMEDIO ANUAL	3280.13		462.51	47.23	588.51	3042.88		429.88	45.89	550.08	3109.92		438.10	43.92	557.15
MINIMO	1717.92	12.65	217.29	42.22	305.40	1583.65	12.61	200.83	42.10	286.65	1619.10	11.52	204.37	38.45	286.52
MAXIMO	3956.39	14.70	586.65	49.07	730.70	3673.36	14.40	546.23	48.06	683.99	3749.40	13.74	556.54	45.88	693.03

Tabla B5. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del edificio de la Escuela de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Química (Continuación).

MES	MEDIDA 3: AIRE ACONDICIONADO					MEDIDA 4: COMBINACION DE MEDIDAS						
	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	1770.01		11.72	222.55	39.12	307.84	1547.83		10.61	194.59	35.40	272.01
FEBRERO	3138.46		11.88	394.66	39.65	503.17	2734.17		10.61	343.91	35.40	440.94
MARZO	3518.32		11.88	442.64	39.65	557.45	3064.65		10.61	385.66	35.40	488.18
ABRIL	2873.74		11.88	402.62	39.65	512.18	2577.29		10.61	362.05	35.40	461.47
MAYO	3425.25		11.88	525.65	39.65	651.37	3000.11		10.61	460.36	35.40	572.70
JUNIO	3316.12		11.88	508.85	39.65	632.36	2898.07		10.61	444.68	35.40	554.95
JULIO	3403.02		11.88	521.97	39.65	647.20	2967.18		10.61	455.17	35.40	566.82
AGOSTO	3198.67		11.88	490.23	39.65	611.29	2839.80		10.61	435.11	35.40	544.13
SEPTIEMBRE	3351.83		11.88	514.37	39.65	638.61	2925.88		10.61	449.07	35.40	559.92
OCTUBRE	3437.08		11.88	469.96	39.65	588.36	3001.20		10.61	410.33	35.40	516.09
NOVIEMBRE	3326.10		11.88	419.97	39.65	531.80	2903.07		10.61	366.61	35.40	466.62
DICIEMBRE	1680.36		11.72	212.32	39.12	296.27	1464.58		10.61	185.04	35.40	261.19
ANUAL	36438.97			5125.79	474.74	6477.90	31923.86			4492.58	424.80	5705.02
PROMEDIO ANUAL	3036.58			427.15	39.56	539.83	2660.32			374.38	35.40	475.42
MINIMO	1680.36		11.72	212.32	39.12	296.27	1464.58		10.61	185.04	35.40	261.19
MAXIMO	3518.32		11.88	525.65	39.65	651.37	3064.65		10.61	460.36	35.40	572.70

Tabla B6. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación de las instalaciones de Centro de Investigaciones de Análisis Nuclear - CIAN.

MES	MODELO LINEA BASE					MEDIDA 1: HABITOS ENERGETICOS					MEDIDA 2: ILUMINACION EFICIENTE				
	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	2240.76	26.50	288.44	88.47	438.23	1816.96	30.16	233.70	100.68	390.11	1766.33	21.23	227.34	70.87	349.18
FEBRERO	4155.81	28.39	534.96	94.76	724.25	3379.30	32.52	434.68	108.54	626.39	3256.88	22.56	419.19	75.30	571.25
MARZO	5068.55	28.58	652.51	95.42	857.99	4102.48	33.16	527.76	110.69	734.14	3974.91	23.36	511.65	77.97	678.88
ABRIL	3250.27	28.38	458.16	94.74	637.34	2661.41	34.45	375.33	114.98	566.53	2542.51	23.43	358.35	78.21	505.71
MAYO	4413.80	28.01	693.26	93.50	901.94	3581.21	31.94	562.28	106.63	768.59	3432.65	22.16	538.98	73.96	705.27
JUNIO	4099.21	26.09	643.78	87.08	838.68	3342.88	30.43	524.79	101.59	720.48	3183.97	20.63	499.86	68.88	655.26
JULIO	4421.44	28.14	694.39	93.94	903.70	3612.51	31.45	567.13	104.98	772.21	3421.41	21.71	537.13	72.48	701.50
AGOSTO	3644.19	27.51	572.36	91.82	763.23	2955.42	31.67	464.00	105.70	656.34	2828.85	22.00	444.14	73.42	597.37
SEPTIEMBRE	4010.51	25.55	629.83	85.30	820.88	3281.06	28.92	515.07	96.54	703.76	3135.38	19.65	492.22	65.58	642.88
OCTUBRE	4263.91	27.48	604.38	91.73	799.37	3472.98	31.36	491.85	104.67	686.69	3333.97	21.18	472.28	70.70	626.11
NOVIEMBRE	4134.11	27.87	546.10	93.03	734.90	3382.26	31.69	446.46	105.78	636.59	3269.79	22.07	431.66	73.67	583.52
DICIEMBRE	2116.89	25.97	279.62	86.68	426.21	1725.64	29.09	227.76	97.10	379.34	1673.98	19.87	220.97	66.31	336.82
ANUAL	45819.46		6597.79	1096.47	8846.72	37314.11		5370.81	1257.88	7641.17	35820.63		5153.77	867.35	6953.75
PROMEDIO ANUAL	3818.29		549.82	91.37	737.23	3109.51		447.57	104.82	636.76	2985.05		429.48	72.28	579.48
MINIMO	2116.89	25.55	279.62	85.30	426.21	1725.64	28.92	227.76	96.54	379.34	1673.98	19.65	220.97	65.58	336.82
MAXIMO	5068.55	28.58	694.39	95.42	903.70	4102.48	34.45	567.13	114.98	772.21	3974.91	23.43	538.98	78.21	705.27

Tabla B6. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación de las instalaciones de Centro de Investigaciones de Análisis Nuclear – CIAN (Continuación).

MES	MEDIDA 3: AIRE ACONDICIONADO					MEDIDA 4: COMBINACION DE MEDIDAS						
	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	1886.66		22.44	242.83	74.91	371.28	1226.33		20.98	157.64	70.03	269.38
FEBRERO	3474.23		23.61	447.17	78.82	606.89	2249.44		21.41	289.18	71.47	419.83
MARZO	4199.70		23.71	540.60	79.15	712.98	2709.43		21.98	348.36	73.36	488.92
ABRIL	2702.75		23.58	380.96	78.71	531.86	1747.62		22.71	246.35	75.81	376.27
MAYO	3726.69		23.40	585.22	78.12	762.28	2390.78		21.70	375.09	72.43	518.11
JUNIO	3515.70		22.41	552.02	74.80	720.98	2263.48		20.45	355.06	68.25	490.72
JULIO	3735.53		23.07	586.53	77.01	762.51	2391.85		21.60	375.18	72.12	517.86
AGOSTO	3095.17		23.48	486.02	78.39	650.36	1984.91		22.38	311.39	74.72	448.63
SEPTIEMBRE	3442.41		21.93	540.50	73.20	706.13	2241.84		19.96	351.66	66.63	485.04
OCTUBRE	3623.56		22.78	513.41	76.05	678.71	2351.90		20.94	332.63	69.91	467.23
NOVIEMBRE	3490.31		23.34	460.86	77.90	621.34	2296.31		21.48	302.68	71.72	435.38
DICIEMBRE	1799.87		21.72	237.64	72.50	362.68	1181.90		18.97	155.77	63.33	259.68
ANUAL	38692.58			5573.76	919.56	7488.00	25035.79			3600.99	849.78	5177.05
PROMEDIO ANUAL	3224.38			464.48	76.63	624.00	2086.32			300.08	70.82	431.42
MINIMO	1799.87		21.72	237.64	72.50	362.68	1181.90		18.97	155.77	63.33	259.68
MAXIMO	4199.70		23.71	586.53	79.15	762.51	2709.43		22.71	375.18	75.81	518.11

Tabla B7. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación de las instalaciones de la Unidad de Ciencias Básicas - UCB.

MES	MODELO LINEA BASE					MEDIDA 1: HABITOS ENERGETICOS					MEDIDA 2: ILUMINACION EFICIENTE				
	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	2513.15	25.35	323.25	84.61	473.25	2420.34	25.21	311.31	84.15	459.22	1781.34	17.82	229.00	59.48	338.17
FEBRERO	4617.42	25.76	594.02	85.98	781.15	4459.05	25.62	573.64	85.52	757.57	3278.94	17.60	421.64	58.74	555.28
MARZO	5452.73	26.05	701.74	86.97	904.13	5275.52	25.92	678.93	86.54	877.84	3873.14	18.78	498.22	62.70	646.41
ABRIL	3488.50	25.88	489.72	86.40	663.61	3381.35	25.75	474.80	85.97	646.25	2492.34	18.08	349.38	60.36	475.37
MAYO	4917.66	25.60	770.40	85.44	980.09	4743.15	25.47	742.98	85.02	948.59	3451.37	17.79	539.81	59.37	689.70
JUNIO	4647.61	24.65	727.94	82.29	928.48	4482.04	24.52	701.91	81.87	898.56	3234.80	16.39	505.74	54.72	645.90
JULIO	4944.71	25.64	774.34	85.58	984.70	4777.35	25.52	748.04	85.17	954.49	3432.47	17.76	536.51	59.28	685.87
AGOSTO	4127.00	25.63	646.54	85.55	840.08	3980.37	25.51	623.50	85.15	813.55	2881.98	16.89	450.75	56.39	585.56
SEPTIEMBRE	4607.88	23.96	721.66	79.97	918.76	4440.59	23.84	695.37	79.59	888.58	3254.69	15.88	508.87	53.01	647.50
OCTUBRE	4761.48	25.00	671.88	83.45	866.37	4587.02	24.88	647.14	83.05	837.93	3409.30	16.96	479.70	56.62	618.58
NOVIEMBRE	4665.46	25.30	613.06	84.46	800.96	4499.96	25.18	591.17	84.06	775.74	3335.28	17.14	436.93	57.22	570.88
DICIEMBRE	2373.48	24.40	311.86	81.45	456.79	2288.64	24.28	300.64	81.05	443.64	1697.18	16.28	222.32	54.35	324.81
ANUAL	51117.08		7346.41	1012.15	9598.37	49335.38		7089.43	1007.14	9301.96	36122.83		5178.87	692.24	6784.03
PROMEDIO ANUAL	4259.76		612.20	84.35	799.86	4111.28		590.79	83.93	775.16	3010.24		431.57	57.69	565.34
MINIMO	2373.48	23.96	311.86	79.97	456.79	2288.64	23.84	300.64	79.59	443.64	1697.18	15.88	222.32	53.01	324.81
MAXIMO	5452.73	26.05	774.34	86.97	984.70	5275.52	25.92	748.04	86.54	954.49	3873.14	18.78	539.81	62.70	689.70

Tabla B7. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación de las instalaciones de la Unidad de Ciencias Básicas – UCB (Continuación).

MES	MEDIDA 3: AIRE ACONDICIONADO					MEDIDA 4: COMBINACION DE MEDIDAS						
	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	1994.21		18.77	256.33	62.65	372.68	1246.94		12.48	160.09	41.67	240.07
FEBRERO	3632.22		19.10	466.94	63.76	612.22	2272.40		12.36	291.82	41.25	388.62
MARZO	4206.59		19.08	540.98	63.69	695.92	2610.25		12.82	335.32	42.78	439.58
ABRIL	2661.33		18.97	373.51	63.32	506.01	1658.10		12.10	232.21	40.38	320.20
MAYO	3838.35		18.83	600.63	62.84	762.44	2352.70		12.82	367.01	42.80	475.44
JUNIO	3712.87		18.38	580.89	61.37	738.44	2269.81		11.35	353.96	37.89	455.12
JULIO	3850.76		18.61	602.26	62.12	763.47	2325.80		12.36	362.45	41.25	468.53
AGOSTO	3236.15		18.58	506.41	62.01	654.90	1973.68		11.47	307.88	38.30	403.46
SEPTIEMBRE	3706.76		17.92	579.92	59.83	735.60	2313.25		11.65	360.80	38.89	464.00
OCTUBRE	3788.78		18.43	533.36	61.52	684.84	2400.44		12.63	336.12	42.17	439.78
NOVIEMBRE	3740.30		18.85	490.51	62.91	637.92	2376.42		12.46	309.94	41.61	409.53
DICIEMBRE	1930.76		18.42	253.21	61.49	367.84	1233.41		12.83	160.89	42.83	242.28
ANUAL	40299.08			5784.95	747.51	7532.28	25033.20			3578.49	491.82	4746.61
PROMEDIO ANUAL	3358.26			482.08	62.29	627.69	2086.10			298.21	40.99	395.55
MINIMO	1930.76		17.92	253.21	59.83	367.84	1233.41		11.35	160.09	37.89	240.07
MAXIMO	4206.59		19.10	602.26	63.76	763.47	2610.25		12.83	367.01	42.83	475.44

Tabla B8. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del edificio de la Escuela de Arquitectura – Edificio D.

MES	MODELO LINEA BASE					MEDIDA 1: HABITOS ENERGETICOS						
	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	772.64		6.74746	98.03	22.52	148.18	650.18		6.23597	83.76	20.82	130.11
FEBRERO	1699.54		8.1406	216.92	27.17	287.96	1527.13		7.59431	196.16	25.35	262.41
MARZO	2357.19		8.1406	301.03	27.17	383.12	2167.36		7.59431	278.23	25.35	355.26
ABRIL	2110.35		10.15849	301.15	33.91	390.88	1984.58		10.15849	284.56	33.91	372.1
MAYO	2327.55		10.15849	360.68	33.91	458.22	2145.49		10.15849	333.56	33.91	427.55
JUNIO	1592.82		8.1406	247.22	27.17	322.24	1417.21		7.59431	221.05	25.35	290.56
JULIO	1256.16		8.1406	194.55	27.17	262.65	1067.73		7.59431	166.43	25.35	228.77
AGOSTO	2286.6		10.15849	353.29	33.91	449.87	2133.41		10.15849	330.52	33.91	424.11
SEPTIEMBRE	2253.77		10.15849	349.41	33.91	445.48	2075.06		10.15849	322.8	33.91	415.37
OCTUBRE	2255.94		8.1406	313.52	27.17	397.26	2064.16		7.59431	288.31	25.35	366.67
NOVIEMBRE	1909.47		10.15849	246.11	33.91	328.6	1727.16		10.15849	224.47	33.91	304.12
DICIEMBRE	736.42		6.74746	94.69	22.52	144.41	617.57		6.23597	81.26	20.82	127.27
ANUAL	21558.45			3076.6	350.44	4018.87	19577.04			2811.11	337.94	3704.3
PROMEDIO ANUAL	1796.5375			256.383333	29.2033333	334.905833	1631.42			234.259167	28.1616667	308.691667
MINIMO	736.42		6.74746	94.69	22.52	144.41	617.57		6.23597	81.26	20.82	127.27
MAXIMO	2357.19		10.15849	360.68	33.91	458.22	2167.36		10.15849	333.56	33.91	427.55

Tabla B8. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del edificio de la Escuela de Arquitectura – Edificio D (Continuación).

MES	MEDIDA 2: ILUMINACION EFICIENTE					MEDIDA 3: COMBINACION DE MEDIDAS						
	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	559.91		5.57694	70.63	18.62	112.77	457.28		5.30018	58.92	17.69	98.47
FEBRERO	1198.02		7.40488	152.37	24.72	212.14	1062.46		7.34961	136.35	24.53	193.81
MARZO	1635.82		7.36038	208.2	24.57	275.14	1492.36		7.34961	191.37	24.53	256.06
ABRIL	1851.76		10.18507	266.81	34	352.12	1536.83		10.15026	221.38	33.88	300.59
MAYO	2192.45		10.18507	339.44	34	434.29	1478.79		10.15026	228.73	33.88	308.91
JUNIO	1361.16		7.40488	210.79	24.72	278.25	959.25		7.34961	149.04	24.53	208.16
JULIO	1068.72		7.40488	165.08	24.72	226.52	794.96		7.34961	123.54	24.53	179.32
AGOSTO	2170.84		10.18507	335.08	34	429.37	1568.46		10.15026	241.68	33.88	323.56
SEPTIEMBRE	2146.18		10.18507	332.5	34	426.44	1460.13		10.18507	226.11	34	306.07
OCTUBRE	2153.87		8.18402	298.97	27.32	380.96	1442.65		7.57117	200.03	25.27	266.7
NOVIEMBRE	1759.64		10.18507	226.26	34	306.25	1242.15		10.18507	160.24	34	231.55
DICIEMBRE	598.3		5.70684	76.41	19.05	119.79	428.02		4.93588	56.16	16.48	93.97
ANUAL	18696.67			2682.54	333.72	3554.04	13923.34			1993.55	327.2	2767.17
PROMEDIO ANUAL	1558.05583			223.545	27.81	296.17	1160.27833			166.129167	27.2666667	230.5975
MINIMO	559.91		5.57694	70.63	18.62	112.77	428.02		4.93588	56.16	16.48	93.97
MAXIMO	2192.45		10.18507	339.44	34	434.29	1568.46		10.18507	241.68	34	323.56

Tabla B9. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del Edificio C.

MES	MODELO LINEA BASE					MEDIDA 1: HABITOS ENERGETICOS						
	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	2103.29		12.12	255.89	40.44	347.06	1221.50		12.12	153.60	40.44	231.33
FEBRERO	2094.39		9.73	260.82	32.49	343.65	1607.76		9.73	203.66	32.49	278.98
MARZO	2827.34		9.73	355.09	32.49	450.30	2292.32		9.73	292.11	32.49	379.05
ABRIL	2178.57		9.73	302.29	32.49	390.57	1725.51		9.73	241.77	32.49	322.10
MAYO	2687.49		9.73	409.62	32.49	511.99	2179.36		9.73	335.76	32.49	428.44
JUNIO	2222.13		12.12	333.72	40.44	435.11	1536.35		12.12	234.79	40.44	323.19
JULIO	2549.91		12.12	378.98	40.44	486.32	1471.99		12.12	224.60	40.44	311.66
AGOSTO	2491.37		9.73	378.84	32.49	477.18	2000.63		9.73	307.60	32.49	396.58
SEPTIEMBRE	2644.98		9.73	403.14	32.49	504.67	2144.65		9.73	330.54	32.49	422.52
OCTUBRE	2715.33		9.73	368.12	32.49	465.04	2203.70		9.73	303.55	32.49	391.98
NOVIEMBRE	2283.32		9.73	280.75	32.49	366.20	1753.99		9.73	221.29	32.49	298.92
DICIEMBRE	2121.58		12.12	249.39	40.44	339.70	1234.15		12.12	152.13	40.44	229.67
ANUAL	28919.70			3976.65	421.68	5117.79	21371.91			3001.40	421.68	4014.42
PROMEDIO ANUAL	2409.98			331.39	35.14	426.48	1780.99			250.12	35.14	334.54
MINIMO	2094.39		9.73	249.39	32.49	339.70	1221.50		9.73	152.13	32.49	229.67
MAXIMO	2827.34		12.12	409.62	40.44	511.99	2292.32		12.12	335.76	40.44	428.44

Tabla B9. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del Edificio C (Continuación).

MES	MEDIDA 2: ILUMINACION EFICIENTE					MEDIDA 3: COMBINACION DE MEDIDAS				
	CONSUMO DE ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO DE ENERGIA (\$)	COSTO DE DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO DE ENERGIA TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO DE ENERGIA (\$)	COSTO DE DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	2035.06	12.09	247.12	40.36	337.05	1155.30	12.09	145.07	40.36	221.59
FEBRERO	1824.41	9.71	226.07	32.42	304.24	1344.95	9.71	169.82	32.42	240.60
MARZO	2335.64	9.71	291.79	32.42	378.59	1818.46	9.71	231.08	32.42	309.91
ABRIL	1836.54	9.71	254.05	32.42	335.90	1394.95	9.71	195.18	32.42	269.29
MAYO	2130.33	9.71	322.03	32.42	412.80	1638.65	9.71	250.74	32.42	332.15
JUNIO	1950.53	12.09	291.03	40.36	386.73	1275.39	12.09	193.75	40.36	276.67
JULIO	2389.91	12.09	353.85	40.36	457.81	1324.74	12.09	201.44	40.36	285.37
AGOSTO	2029.25	9.71	306.20	32.42	394.90	1550.76	9.71	236.86	32.42	316.45
SEPTIEMBRE	2170.68	9.71	328.58	32.42	420.22	1686.00	9.71	258.42	32.42	340.84
OCTUBRE	2231.02	9.71	299.30	32.42	387.09	1737.72	9.71	237.26	32.42	316.90
NOVIEMBRE	1999.17	9.71	243.16	32.42	323.58	1479.04	9.71	184.88	32.42	257.64
DICIEMBRE	2040.75	12.09	238.73	40.36	327.55	1155.37	12.09	141.70	40.36	217.77
ANUAL	24973.29		3401.91	420.80	4466.46	17561.33		2446.20	420.80	3385.18
PROMEDIO ANUAL	2081.11		283.49	35.07	372.21	1463.44		203.85	35.07	282.10
MINIMO	1824.41	9.71	226.07	32.42	304.24	1155.30	9.71	141.70	32.42	217.77
MAXIMO	2389.91	12.09	353.85	40.36	457.81	1818.46	12.09	258.42	40.36	340.84

Tabla B10. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del Edificio B.

MES	MODELO LINEA BASE					MEDIDA 1: HABITOS ENERGETICOS						
	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	685.94		4.78	82.37	15.94	123.02	179.69		4.78	23.82	15.94	56.78
FEBRERO	1403.40		7.34	176.75	24.49	239.47	889.07		7.34	116.07	24.49	170.82
MARZO	2047.37		7.34	262.37	24.49	336.35	1574.65		7.34	205.23	24.49	271.70
ABRIL	1390.90		7.34	194.46	24.49	259.51	968.57		7.34	137.00	24.49	194.51
MAYO	1922.57		7.34	298.55	24.49	377.28	1459.99		7.34	230.08	24.49	299.82
JUNIO	1230.37		7.34	186.89	24.49	250.95	672.66		7.34	106.07	24.49	159.51
JULIO	741.57		7.34	112.47	24.49	166.75	404.62		7.34	63.83	24.49	111.72
AGOSTO	1708.40		7.34	264.81	24.49	339.10	1259.28		7.34	198.45	24.49	264.03
SEPTIEMBRE	1905.60		7.34	296.02	24.49	374.42	1456.10		7.34	229.47	24.49	299.12
OCTUBRE	1931.32		7.34	269.29	24.49	344.17	1466.66		7.34	209.16	24.49	276.15
NOVIEMBRE	1540.00		7.34	194.34	24.49	259.38	992.55		7.34	132.04	24.49	188.89
DICIEMBRE	640.37		4.78	74.52	15.94	114.15	182.62		4.78	24.44	15.94	57.47
ANUAL	17147.81			2412.84	276.78	3184.55	11506.46			1675.66	276.78	2350.52
PROMEDIO ANUAL	1428.98			201.07	23.07	265.38	958.87			139.64	23.07	195.88
MINIMO	640.37		4.78	74.52	15.94	114.15	179.69		4.78	23.82	15.94	56.78
MAXIMO	2047.37		7.34	298.55	24.49	377.28	1574.65		7.34	230.08	24.49	299.82

Tabla B10. Registros de los diferentes cargos atribuidos a la operación del Edificio B (Continuación).

MES	MEDIDA 2: ILUMINACION EFICIENTE					MEDIDA 3: COMBINACION DE MEDIDAS						
	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)	CONSUMO TOTAL (kWh)	ENERGIA	MAXIMA DEMANDA (kW)	COSTO ENERGIA (\$)	COSTO DEMANDA (\$)	COSTO ELECTRICO (\$)
ENERO	627.09		4.76	74.80	15.90	114.41	121.54		4.76	16.33	15.90	48.26
FEBRERO	974.91		7.31	121.57	24.41	176.95	494.02		7.31	65.19	24.41	113.16
MARZO	1218.62		7.31	155.64	24.41	215.50	815.22		7.31	107.42	24.41	160.95
ABRIL	858.71		7.31	119.61	24.41	174.74	483.10		7.31	68.88	24.41	117.34
MAYO	1076.83		7.31	165.56	24.41	226.72	682.30		7.31	107.79	24.41	161.36
JUNIO	876.80		7.31	131.30	24.41	187.96	347.39		7.31	54.92	24.41	101.54
JULIO	540.34		7.23	80.83	24.13	130.54	219.24		7.23	34.68	24.13	78.33
AGOSTO	992.39		7.31	152.21	24.41	211.62	599.29		7.31	94.67	24.41	146.51
SEPTIEMBRE	1132.32		7.31	174.42	24.41	236.75	746.35		7.31	117.86	24.41	172.75
OCTUBRE	1150.27		7.31	158.19	24.41	218.38	756.25		7.31	108.10	24.41	161.71
NOVIEMBRE	1068.69		7.31	131.95	24.41	188.70	554.95		7.31	74.10	24.41	123.25
DICIEMBRE	575.99		4.76	66.01	15.90	104.47	118.81		4.76	15.99	15.90	47.87
ANUAL	11092.96			1532.09	275.62	2186.74	5938.46			865.93	275.62	1433.03
PROMEDIO ANUAL	924.41			127.67	22.97	182.23	494.87			72.16	22.97	119.42
MINIMO	540.34		4.76	66.01	15.90	104.47	118.81		4.76	15.99	15.90	47.87
MAXIMO	1218.62		7.31	174.42	24.41	236.75	815.22		7.31	117.86	24.41	172.75

C. Descripción General de EnergyPlus

C1. ¿Qué es EnergyPlus?

EnergyPlus es un programa desarrollado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE) para simular los procesos de transferencia de calor, la ventilación natural, los sistemas de climatización, la iluminación y otros factores relacionados con el consumo energético de los edificios. Se basa en las capacidades más populares de dos programas precedentes, BLAST y DOE-2, pero incluye funciones innovadoras como el manejo de etapas menores a una hora en los procesos de simulación, flujos de aire en sistemas multizona, confort térmico, sistemas de agua y sistemas fotovoltaicos.

EnergyPlus tiene sus raíces de los programas BLAST y DOE-2. BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics) y DOE-2 (U.S. Department of Energy) fueron desarrollados y lanzados en la década de 1970 y principios de 1980, como herramientas de simulación de energía y carga térmica. Están orientados a la ingeniería o arquitectura de diseño, que tienen como objetivo dimensionar el equipo apropiado de sistemas HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado), desarrollar estudios para el análisis de consumo de energía, optimizar el desempeño de la energía, etc.

Al igual que sus programas precedentes, EnergyPlus es un programa de simulación de análisis de energía y carga térmica. Cabe mencionar que muchas de las características de simulación han sido heredadas de los programas BLAST y DOE-2. EnergyPlus está basado en la descripción por parte del usuario del edificio desde la perspectiva de la constitución física de éste, asociando sistemas mecánicos, eléctricos, etc. EnergyPlus calcula las cargas de calefacción y enfriamiento necesarias para mantener temperaturas adecuadas en los recintos a climatizar con el objeto de poder ajustar los termostatos para un buen control térmico, además calcula el consumo energético de los equipos eléctricos asociados al edificio, así como también otros detalles dentro la simulación que aseguran un buen funcionamiento de la simulación del edificio para comparar con el comportamiento real del mismo.

A continuación se listan algunas de las características de EnergyPlus. Si bien esta lista no es exhaustiva, se pretende dar una idea de la fortaleza y aplicación de EnergyPlus a varias situaciones de simulación.

- Solución integrada y simultánea, donde la respuesta del edificio y los sistemas están fuertemente acoplados (la iteración se realiza cuando es necesario).
- El usuario puede definir intervalos de tiempo de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30 y 60 minutos, para la interacción entre las zonas termales y el ambiente; El tiempo varía para llevar a cabo las interacciones entre las zonas termales y los sistemas HVAC (varía automáticamente para garantizar la estabilidad de la solución).

- Archivos meteorológicos, de entrada y salida en formato texto ASCII y reportes estándar que incluyen condiciones de la simulación en los intervalos de tiempo definidos por el usuario, respectivamente.
- Solución basada en la técnica de balance de calor para cargas térmicas en edificios que permiten el cálculo simultáneo de los efectos de radiación y convección, tanto en la superficie interior y exterior del edificio, en cada intervalo de tiempo.
- La conducción de calor a través de elementos del edificio, tales como paredes, techos, pisos, etc. Usando funciones de transferencia de conducción.
- Un mejor modelo de transferencia de calor de la tierra a través de enlaces para modelos tridimensionales y la simplificación de las técnicas analíticas.
- Modelos de confort térmico basados en la actividad humana, dentro de la temperatura de bulbo seco (dry bulb), humedad, etc.
- Cálculos de fenestration (disposición de las ventanas en un edificio) avanzados incluyendo persianas controlables, cristales electro-crómico, realiza balances térmicos capa por capa que permiten la asignación adecuada de la energía solar absorbida por los cristales de las ventanas, además posee una librería de numerosas ventanas disponibles comercialmente.
- Controles de iluminación natural (Daylighting) incluyendo cálculos de iluminación interior, control de deslumbramiento, controles de luminarias, y el efecto de la iluminación artificial en la reducción de la calefacción y enfriamiento en los recintos a climatizar.
- Lazo configurable basado en los sistemas de HVAC (convencional y radiante) que permiten a los usuarios un modelo de sistemas típicos y los sistemas ligeramente modificados sin tener que recompilar el código fuente del programa.
- Cálculos de la contaminación atmosférica que predicen CO₂, SO_x, NO_x, CO, partículas, y la producción de hidrocarburos.

Ningún programa es capaz de manejar todas las situaciones de simulación. Sin embargo, es la intención de EnergyPlus manejar muchas opciones en el diseño de edificios y sistemas HVAC, ya sea directamente o indirectamente a través de enlaces a otros programas para el cálculo de cargas térmicas y/o consumo de energía en un día o un período prolongado de tiempo (semanas, meses y años).

A continuación se presentan algunas debilidades de EnergyPlus:

- EnergyPlus no es una interfaz de usuario. Su objetivo es ser el motor de simulación alrededor de los cuales otras interfaces de usuario pueden estar asociadas a él. Los archivos de entrada y salida son de texto ASCII simple que es descifráble, pero es mejor utilizar una GUI (interfaz gráfica de usuario). Este enfoque permite a los diseñadores de interfaces hacer lo que mejor saben hacer; producir herramientas de calidad dirigidos específicamente hacia los mercados individuales.

- EnergyPlus no reemplaza a los arquitectos o ingenieros especializados en el diseño. No comprueba entradas, no verifica la aceptabilidad o el rango de diversos parámetros o trata de interpretar los resultados. Si bien muchos programas de interfaz gráfica de usuario ayudan al usuario a afinar y corregir los errores de entrada, EnergyPlus aún opera bajo "garbage in, garbage out" estándar. Ingenieros y arquitectos siempre serán una parte vital en el diseño y el proceso de análisis térmico.

C2. ¿Por qué existe EnergyPlus y cuáles eran sus objetivos originales?

La existencia de EnergyPlus está directamente relacionada con algunas de las deficiencias cada vez más evidentes de sus programas precedentes BLAST y DOE-2. Ambos programas, sin embargo todavía herramientas válidas que continuarán teniendo utilidad en los ambientes diversos, han comenzado a mostrar su vejez en una variedad de formas. Ambos BLAST y DOE-2 fueron escritos en versión anterior de FORTRAN y usaron las características que con el tiempo serán obsoletas en los nuevos compiladores. Ni BLAST ni DOE-2 son capaces de manejar correctamente la retroalimentación de los sistemas HVAC para las condiciones climatológicas dentro de la zona.

Por último, la rapidez con que las nuevas tecnologías en el campo de los sistemas HVAC son desarrollados, han sobrepasado la capacidad de los grupos de apoyo y desarrollo de ambos programas para mantenerlos actualizados y que sean viables. Esta es realmente la razón clave de la existencia de EnergyPlus; simplemente no hay suficientes investigadores en todo el mundo que tienen experiencia suficiente con el complejo código de los programas para seguir el ritmo de las nuevas tecnologías. Además, debido a los años de experiencia necesaria para hacer modificaciones a cualquiera de los programas BLAST o DOE-2, es muy costoso y consume mucho tiempo para producir modelos o capacitar a alguien para ser competente en la programación del código.

Los párrafos siguientes tratan sobre las metas de EnergyPlus, estas han sido cuidadosamente seleccionadas para resolver los problemas de los programas precedentes y hacer de EnergyPlus un almacén internacional para los algoritmos que pueden ser puestos a disposición de todas las partes interesadas o bien dicho de los desarrolladores de algoritmos.

Gerencia (manager) en la estructura y simulación: La naturaleza del "código espagueti" de los programas precederos dio lugar a una gran confusión en cuanto a cómo la información fluyó en el programa, cuando los datos fueron modificados o deben ser modificados, y lo que estaba sucediendo. Así, uno de los objetivos del desarrollo de EnergyPlus era eliminar las interconexiones entre las diferentes secciones del programa y la necesidad de entender todas las partes del código sólo para hacer una adición a una parte muy limitada del programa. Este objetivo se logró a través de una estructura del programa que implementó una filosofía "gerente (manager)". En efecto, el programa consta de

muchas piezas (es decir, módulos), que cuando se ve gráficamente se asemejan a un árbol invertido. En lugar de permitir que las piezas de nivel inferior del programa llamen a las partes del código para infiltrarse hasta el nivel más alto de la simulación, cada una de éstas ejerce el control cuando sus sub-ramas son llamadas. En EnergyPlus, una llamada a la subrutina ManageSimulation controla cuatro de los cinco principales lazos de la simulación (ambiente, día, hora, intervalo de tiempo, intervalo de tiempo del sistema que es controlado por el gerente (manager) de los sistemas HVAC). Además, esta subrutina también establece banderas globales que son utilizados por otras subrutinas y módulos para determinar el estado de la simulación para que cada parte del programa deba saber si leer la entrada, inicializar, simular, reportar, etc. La filosofía hace que el gerente de los enlaces entre los módulos del programa sea sencillo y explícito. Normalmente, cada módulo es accesible sólo a través de una llamada a la rutina de su gerente. Los desarrolladores de programas, no tienen que preocuparse acerca de las conexiones ocultas e inesperadas y dentro de las subrutinas del programa.

Modularidad: Uno de los beneficios de las mejoras estructurales en los programas heredados es que el código puede ahora ser mucho más orientado a objetos y modulares en la naturaleza. Un resultado de la meta para la mejora de la estructura en EnergyPlus fue la definición de un concepto bien organizado llamado módulo, que facilitaría la adición de características y enlaces a otros programas. Se decidió que Fortran90 sería utilizado para la versión inicial de EnergyPlus debido al hecho de que:

- Es un moderno lenguaje modular con buenos compiladores en muchas plataformas
- Permiten estructuras de datos análogas a C y módulos mixtos de lenguaje
- Proporciona una estructura que está basada a objetos
- Permite nombres de variables largas (hasta 32 caracteres)
- Proporciona compatibilidad con código anterior durante el proceso de desarrollo

Esta característica es esencial para promover tanto el uso generalizado y amplio desarrollo de modelos de programa. EnergyPlus sólo puede tener éxito si el grupo de desarrolladores de módulos potenciales aumenta significativamente para que el interés y los manejos económicos que modelan se agreguen al programa en lugar de tener sus prórrogas limitadas por la falta de recursos intelectuales. Por lo tanto, la modularidad y la mejora de la estructura en EnergyPlus resuelven los problemas de no contar con suficientes expertos como para mantenerse al día con la tecnología y el consumo de mucho tiempo y dinero que antes eran necesarios para llevar a alguien al tanto de las adiciones del programa.

Enlaces establecidos: La modularidad de EnergyPlus hace más fácil para otros desarrolladores añadir rápidamente los módulos de simulación de otros componentes. Esto significa que será mucho más fácil establecer vínculos con otros elementos de programación. Desde un principio el código de EnergyPlus contendrá un número importante de módulos ya existentes, habrá muchos lugares dentro del código de los

sistemas HVAC donde los vínculos naturales a los elementos de programación puedan ser establecidos. Estos son completamente documentados para ayudar a otros desarrolladores en una rápida integración de sus investigaciones en EnergyPlus. Además de estos vínculos más naturales en la sección del código HVAC, EnergyPlus también tienen otras relaciones más fluidas en áreas tales como el balance de calor que permite la interacción en donde los módulos pueden ser más o menos complejos. Una vez más, el objetivo de esta característica de EnergyPlus es maximizar el número de desarrolladores que rápidamente pueden integrar su trabajo en EnergyPlus para la inversión mínima de recursos.

Integración de cargas y sistemas: Uno de los puntos fuertes de EnergyPlus es la integración de todos los aspectos de la simulación de cargas y sistemas. Basado en una versión de investigación del programa BLAST llamado IBLAST, la salida del sistema es permitida en un impacto directo en la respuesta térmica del edificio, en lugar de calcular primero todas las cargas, entonces se simulan los sistemas. La simulación está acoplada permitiendo al diseñador investigar más exactamente el efecto de tamaños insuficientes en ventiladores y equipos y el impacto que podría tener en el confort térmico de los ocupantes dentro del edificio.

"Abrir" el código fuente: Otra ventaja de EnergyPlus que comparte con ambos BLAST y DOE-2 es que el código fuente del programa estará disponible y abierto a la inspección pública, revisión, etc. El programa no pretende ser una caja negra que es ininteligible para los usuarios y desarrolladores de todo el mundo. Si bien hay muchas ideas contradictorias sobre lo que se entiende por "abrir", EnergyPlus ciertamente no está cerrado, ya que esto sería contrario a los objetivos que ya se han señalado. Esta postura de "desarrollador amistoso" es fundamental para mantener EnergyPlus actualizado y en sintonía con los avances tecnológicos.

En resumen, los objetivos de EnergyPlus son ambiciosos pero alcanzables por la vía descrita anteriormente. EnergyPlus pretende ser un programa que es relativamente fácil de trabajar desde la perspectiva tanto de los usuarios y los desarrolladores. El equipo de desarrollo hizo enormes esfuerzos para mantener el código de simulación y algoritmos de forma separada como sea posible y así como la posibilidad de modular para minimizar el conocimiento general de que alguien tendría que añadir a los modelos del programa. Esto reducirá al mínimo la inversión de recursos y maximizar el impacto de la investigación actual en el ámbito del análisis de energía y cálculos de carga térmica en edificios. Por último, el acoplamiento del envolvente del edificios y los sistemas, proveerán una mejor comprensión de cómo un edificio responde no sólo a los factores ambientales que impactan el edificio sino que también a los sistemas HVAC para poder suplir las cargas térmicas en el edificio.

A continuación se describen las características principales del programa de simulación EnergyPlus:

- Gran variedad de ejemplos de sistemas HVAC.

- Plantillas para la declaración de sistemas HVAC.
- Conjunto de datos de los materiales utilizados para la construcción, basados en el estándar ASHRAE 2005 HOF.
- Archivos meteorológicos para diferentes localizaciones dentro de varios países.
- Conjunto de datos actualizados de colectores solares.
- Esquemas de color para los archivos DXF (original y defecto).
- Generadores tales como: Microturbinas, Turbinas de combustión, fotovoltaicos.
- Curvas de funcionamiento para calderas de condensación y de alta temperatura.
- Librería de las curvas de funcionamiento de compresores para los sistemas de refrigeración.
- La longitud de los objetos y nombres es de 100 caracteres.
- Definición de superficies como rectángulos simples (superficies rectangulares simples) para las paredes, techos, cielo falso, pisos, ventanas, puertas, puertas de vidrio y sombras existentes en el edificio.
- Declaración de intervalos de tiempo de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30 y 60 minutos.
- Control de la simulación para periodos de tiempo de un día, una semana, un mes o durante un año. Con el objetivo de analizar el consumo de energía del edificio o sistemas eléctricos dentro de él.
- Definición de sistemas de aire acondicionado tipo ventana y mini Split, así como unidades centrales (chillers).
- Definición de ganancias internas de personas, luminarias y equipo eléctrico.
- Una gran variedad de variables de salida, en las cuales se puede analizar cualquier elemento declarado, por ejemplo el consumo de energía de los sistemas de aire acondicionado, luminarias, equipo eléctrico, etc. Además, analizar el cálculo de carga térmica de recintos a climatizar, para un correcto dimensionamiento de los sistemas de aire acondicionado. Estas variables de salida son representadas en los archivos con formatos de hoja de cálculo, texto o tablas en HTML.

D. Pliegos tarifarios para el Suministro Eléctrico

La distribución y comercialización en la institución es regida por la Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador, S.A. de C.V. (CAESS), por lo que las tarifas eléctricas siguientes corresponde a los años comprendidos del 2008 al 2010 para grandes demandas, así como también para los medidores definidos como “Media Tensión con Medidor Horario”, estos datos fueron tomados de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones.

D1. Pliegos Tarifarios para el año 2008

	CAESS	DEL SUR	AES CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D
Cargo de Comercialización:							
Cargo Fijo \$ / Usuario	9.568748	8.817890	9.071036	6.970765	7.494716	9.648490	2.813707
Cargo por Consumo:							
Energía en Punta \$ / kWh	0.100053	0.099831	0.099471	0.100840	0.098904	0.102494	0.100844
Energía en Resto \$ / kWh	0.096110	0.095603	0.095364	0.096450	0.094289	0.098226	0.096870
Energía en Valle \$ / kWh	0.074569	0.074556	0.074816	0.076110	0.073609	0.076845	0.075158
Cargo de Distribución							
Potencia: \$ / kW-mes	3.200674	4.935334	8.505307	12.836545	13.283042	8.382641	2.242589

Tabla D1. Precios máximos para el suministro eléctrico vigentes a partir del 1 de enero del 2008 (en U.S. dólares).

	CAESS	DEL SUR	AES CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D
Cargo de Comercialización:							
Cargo Fijo \$ / Usuario	9.568748	8.817890	9.071036	6.970765	7.494716	9.648490	2.813707
Cargo por Consumo:							
Energía en Punta \$ / kWh	0.122657	0.126551	0.123388	0.123736	0.119400	0.123091	0.121389
Energía en Resto \$ / kWh	0.119145	0.122594	0.119559	0.119779	0.115264	0.119611	0.117913
Energía en Valle \$ / kWh	0.098354	0.101553	0.099450	0.099951	0.095803	0.098432	0.097337
Cargo de Distribución							
Potencia: \$ / kW-mes	3.200674	4.935334	8.505307	12.836545	13.283042	8.382641	2.242589

Tabla D2. Precios máximos para el suministro eléctrico vigentes a partir del 28 de marzo del 2008 (en U.S. dólares).

	CAESS	DEL SUR	AES CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D
Cargo de Comercialización:							
Cargo Fijo \$ / Usuario	9.568748	8.817890	9.071036	6.970765	7.494716	9.648490	2.813707
Cargo por Consumo:							
Energía en Punta \$ / kWh	0.101897	0.105229	0.102367	0.102825	0.098904	0.102494	0.100844
Energía en Resto \$ / kWh	0.097882	0.100772	0.098140	0.098349	0.094289	0.098226	0.096870
Energía en Valle \$ / kWh	0.075943	0.078587	0.076993	0.077608	0.073609	0.076845	0.075158
Cargo de Distribución							
Potencia: \$ / kW-mes	3.200674	4.935334	8.505307	12.836545	13.283042	8.382641	2.242589

Tabla D2. Precios máximos para el suministro eléctrico vigentes a partir del 12 de agosto del 2008 (en U.S. dólares).

D2. Pliegos Tarifarios para el año 2009

	CAESS	DEL SUR	AES CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:								
\$ / Usuario	10.399483	9.583437	9.858561	7.575949	8.145389	10.486148	3.057986	6.145160
Cargo de Distribución:								
\$ / kW	3.364620	5.149571	8.933584	13.438341	13.894239	8.784729	2.357460	4.874099
Cargo de Energía								
Punta (\$ / kWh)	0.122657	0.126551	0.123388	0.123736	0.119400	0.123091	0.121389	0.108088
Resto (\$ / kWh)	0.119145	0.122594	0.119559	0.119779	0.115264	0.119611	0.117913	0.104708
Valle (\$ / kWh)	0.098354	0.101553	0.099450	0.099951	0.095803	0.098432	0.097337	0.086736

Tabla D3. Precios máximos para el suministro eléctrico vigentes a partir del 1 de enero del 2009 (en U.S. dólares).

		CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-mes	10.399483	9.583437	9.858561	7.575949	8.145389	10.486148	3.057986	6.145160
Cargo de Energía:									
Energía en Punta	US\$/kWh	0.150913	0.155925	0.152643	0.152780	0.147981	0.147080	0.151104	0.133176
Energía en Resto	US\$/kWh	0.151899	0.155872	0.152373	0.152093	0.146994	0.148560	0.155100	0.133131
Energía en Valle	US\$/kWh	0.117113	0.120577	0.117989	0.118196	0.114175	0.112213	0.120703	0.102985
Cargo de Distribución:									
Potencia:	US\$/kW-mes	3.364620	5.149571	8.933584	13.438341	13.894239	8.784729	2.357460	4.874099

Tabla D4. Precios máximos para el suministro eléctrico vigentes a partir del 12 de abril del 2009 (en U.S. dólares).

		CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-mes	10.399483	9.583437	9.858561	7.575949	8.145389	10.486148	3.057986	6.145160
Cargo de Energía:									
Energía en Punta	US\$/kWh	0.135651	0.139730	0.136878	0.137136	0.132875	0.137722	0.135160	0.119344
Energía en Resto	US\$/kWh	0.128767	0.131759	0.128779	0.128867	0.124562	0.132603	0.129202	0.112536
Energía en Valle	US\$/kWh	0.102573	0.105391	0.103236	0.103779	0.100116	0.105632	0.101898	0.090015
Cargo de Distribución:									
Potencia:	US\$/kW-mes	3.364620	5.149571	8.933584	13.438341	13.894239	8.784729	2.357460	4.874099

Tabla D5. Precios máximos para el suministro eléctrico vigentes a partir del 12 de octubre del 2009 (en U.S. dólares).

D3. Pliegos Tarifarios para el año 2010

		CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-mes	10.260164	9.455051	9.726489	7.474456	8.036268	10.345668	3.017019	6.062835
Cargo de Energía:									
Energía en Punta	US\$/kWh	0.135651	0.139730	0.136878	0.137136	0.132875	0.137722	0.135160	0.119344
Energía en Resto	US\$/kWh	0.128767	0.131759	0.128779	0.128867	0.124562	0.132603	0.129202	0.112536
Energía en Valle	US\$/kWh	0.102573	0.105391	0.103236	0.103779	0.100116	0.105632	0.101898	0.090015
Cargo de Distribución:									
Potencia:	US\$/kW-mes	3.338026	5.115078	8.864170	13.341124	13.795586	8.719707	2.338827	4.841450

Tabla D6. Precios máximos para el suministro eléctrico vigentes a partir del 1 de enero del 2010 (en U.S. dólares).

		CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	10.260164	9.455051	9.726489	7.474456	8.036268	10.345668	3.017019	6.062835
Cargo de Energía:									
Energía en Punta	US\$/kWh	0.158767	0.163600	0.160090	0.160387	0.155252	0.160335	0.157693	0.139731
Energía en Resto	US\$/kWh	0.157232	0.161330	0.157708	0.157658	0.152484	0.160070	0.155482	0.137792
Energía en Valle	US\$/kWh	0.132243	0.136328	0.133348	0.133587	0.129262	0.134012	0.131330	0.116438
Cargo de Distribución:									
Potencia:	US\$/kW-mes	3.338026	5.115078	8.864170	13.341124	13.795586	8.719707	2.338827	4.841450

Tabla D7. Precios máximos para el suministro eléctrico vigentes a partir del 12 de abril del 2010 (en U.S. dólares).

		CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	10.260164	9.455051	9.726489	7.474456	8.036268	10.345668	3.017019	6.062835
Cargo de Energía:									
Energía en Punta	US\$/kWh	0.134905	0.139222	0.136646	0.137338	0.133057	0.134341	0.131144	0.118910
Energía en Resto	US\$/kWh	0.132393	0.135005	0.132179	0.132335	0.127586	0.135013	0.128684	0.115308
Energía en Valle	US\$/kWh	0.092082	0.094091	0.093247	0.094794	0.091109	0.092514	0.088877	0.080363
Cargo de Distribución:									
Potencia:	US\$/kW-mes	3.338026	5.115078	8.864170	13.341124	13.795586	8.719707	2.338827	4.841450

Tabla D8. Precios máximos para el suministro eléctrico vigentes a partir del 12 de octubre del 2010 (en U.S. dólares).