



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“ADMINISTRACIÓN DE LA CARGA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL
SECTOR COMERCIAL”**

INFORME DE MATERIA DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN POTENCIA

Presentado por:

Luis Rafael Pacheco Gavilanes
Cindy Carolina Rodríguez Asqui
José Mauricio Soledispa Santana

GUAYAQUIL - ECUADOR

2012

AGRADECIMIENTO

Quisiera agradecer a mis padres por todo el apoyo dado durante toda mi vida y por siempre estar cuando los he necesitado, gracias a ellos estoy donde estoy ahora y esta es una de las formas de expresar mi gratitud hacia ellos.

A los profesores, por brindarme sus conocimientos.

A mis amigos, por el apoyo, confianza y paciencia que me mostraron durante toda mi vida universitaria, en especial a mis compañeros de grupo que sin ellos no se podría concluir este trabajo.

Y a todas esas personas que de una u otra forma brindaron su ayuda para terminar este trabajo. Gracias

Luis Rafael Pacheco Gavilanes

A Dios Todopoderoso por todo cuanto me ha dado. A mi madre quien es mi mano derecha y mi apoyo incondicional. A mi padre por estar siempre a mi lado. Y a mi hermano por toda su ayuda a lo largo de mis años de estudiante. A Luis Rafael y José Mauricio mis compañeros de grupo por su paciencia y comprensión.

Cindy Carolina Rodríguez Asqui

Agradezco a mi familia por la paciencia, confianza y apoyo que me dieron.

A los maestros y amigos que me brindaron sus conocimientos.

José Mauricio Soledispa Santana

DEDICATORIA

A Dios y a mis padres. A Dios por haberme dado la oportunidad de la vida y por haberme puesto en mi camino a las personas que fueron un soporte durante todo este tiempo. A mis padres por brindarme su apoyo incondicional y por darme la motivación de siempre seguir adelante.

Luis Rafael Pacheco Gavilanes

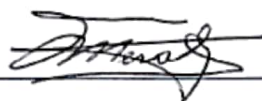
A mi hijo Pablo Adrián, mi razón de vivir. A mis padres y hermano.

Cindy Carolina Rodríguez Asqui

A mis padres y hermanos.

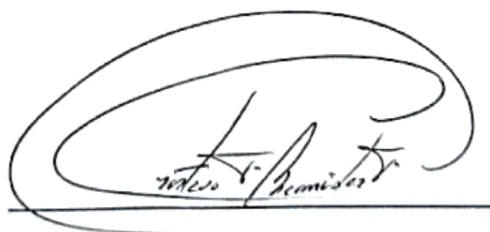
José Mauricio Soledispa Santana

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



PhD. Cristóbal Mera Gencón

PROFESOR DE LA MATERIA DE GRADUACIÓN



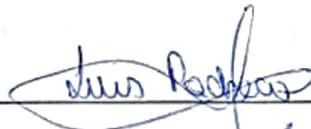
Ing. Gustavo Bermúdez Flores

PROFESOR DELEGADO POR LA UNIDAD ACADÉMICA


DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Informe, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"


(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Luis Rafael Pacheco Gavilanes



Cindy Carolina Rodríguez Asqui



José Mauricio Soledispa Santana

RESUMEN

En el presente proyecto se realiza un análisis energético a una muestra de los abonados comerciales de la ciudad de Guayaquil, en específico a los locales comerciales dentro del Parque California, y propone alternativas para reducir su consumo eléctrico enfocándose en la eficiencia energética, en los equipos eléctricos que más contribuyen al consumo total de energía de dichos abonados, que han resultado ser luminarias, equipos de climatización y refrigeración. Los equipos de climatización antiguos e ineficientes producen un consumo excesivo de energía, y la falta de un plan de mantenimiento de los compresores reduce la vida útil y funcionamiento apropiado de ellos, el mismo problema se presenta con las luminarias.

Se presentan dos grupos de alternativas para alcanzar la eficiencia energética. Las que se requiere poca o ninguna inversión, que se enfoca en la parte de diseño arquitectónico del local o edificio con el fin de aprovechar la luz natural del día y las corrientes de aire natural, y de una campaña de concientización de apagar los equipos que no se estén usando. Y aquellas alternativas que requieren de una inversión significativa la cual consiste en el cambio de los equipos consumidores de energía a equipos certificadamente eficientes.

El objetivo de este estudio es el de realizar un análisis técnico-económico-comparativo entre los distintos tipos de equipos eléctricos a utilizar en los locales comerciales y presentar un estudio de rentabilidad para determinar si es factible realizar las inversiones necesarias para reducir el consumo eléctrico. Además está incluido el cálculo de las toneladas de dióxido de carbono que se dejarían de emitir debido a los ahorros obtenidos en el consumo de energía eléctrica. Finalmente se toma la alternativa más conveniente correspondiente a cada tipo de local comercial.

En este contexto se enmarca esta tesina, por lo que además de tener una vertiente técnica en cuanto al estudio de las propuestas que se pueden tomar de cara a la eficiencia energética, posee una importante vertiente ecológica por las emisiones de dióxido de carbono y sus efectos relacionados con el calentamiento global.

1.3.5 Factor de Corrección Registrador de Demanda Horaria.....	17
1.4 Generalidades en la Ciudad de Guayaquil	18
1.4.1 Comportamiento de los Usuarios Comerciales de Guayaquil	20
1.4.1.1 De acuerdo a la Hora del Día	20
1.4.1.2 De acuerdo al Día de la Semana	21
1.4.1.3 De acuerdo al Mes	21
1.4.2 Comportamiento Histórico del Sector Comercial de la Ciudad de Guayaquil.....	22

CAPÍTULO II IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

2.1 Medidas Políticas para la Reducción de Consumo Eléctrico en Ecuador	27
2.1.1 Sector Residencial	28
2.1.2 Sector Comercial	29
2.1.3 Sector Industrial.....	29
2.1.4 Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables.....	29
2.1.5 Normas Técnicas Ecuatorianas	30
2.2 Situación Internacional	30
2.2.1 Programas de Normalización de Eficiencia Energética	31
2.2.2 Sellos de Eficiencia Energética de Reconocimiento..	32
2.2.3 Políticas y Programas de Eficiencia Energética en Países de la Región	33
2.3 Consumo Energético Mundial y el Medio Ambiente	37
2.3.1 La Convención Marco de Naciones Unidas UNFCCC y el Protocolo de Kioto	37
2.3.2 Ecuador y su PARTICIPACIÓN en el Mercado del Carbono.....	39
2.4 Emisiones de CO2 Del Sector Comercial de Guayaquil	42

CAPÍTULO III ANÁLISIS DEL PROBLEMA

3.1 Análisis Energético de un Usuario Comercial	44
3.1.1 Descripción General	44
3.1.2 Uso de la Energía en Grandes Tiendas.....	46

3.1.2.1 Iluminación.....	47
3.2 Malas Prácticas de Consumo de Energía Eléctrica... ..	62
CAPÍTULO IV SOLUCIÓN ENERGÉTICA	
4.1 Políticas de Eficiencia Energética y Apoyo al Sector Comercial.....	66
4.2 Administración de la Carga.....	67
4.2.1 Desplazamiento de Carga (DR).....	67
4.2.2 Eficiencia y Conservación de la Energía.....	70
4.2.3 Ventajas de la Administración de la Demanda y Eficiencia Energética.....	70
4.3 Desarrollo de la Propuesta para Reducir el Consumo de Parque California	72
4.3.1 Iluminación de Interior.....	73
4.3.1.1 Normativa de Niveles de Alumbrado Interior	73
4.3.1.2 Iluminación General	75
4.3.1.3 Iluminación Localizada.....	76
4.3.1.4 Iluminación Flexible	77
4.3.1.5 Iluminación de Ambiente.....	77
4.3.1.6 Iluminación de Acento.....	77
4.3.2 Funcionamiento de un Sistema de Acondicionamiento de Aire .	78
4.3.3 Etiqueta Energética	79
4.3.4 Clasificación ERR y Clasificación SERR	80
4.3.4.1 Factor de Eficiencia de Energía (EER)	81
4.3.4.2 Factor de Eficiencia de Energía Ambiental (SEER).....	81
4.3.4.3 Selección del SEER.....	83
4.3.5 Carga de Enfriamiento.....	84
4.3.5.1 Conducción a través de Estructuras Internas	86
4.3.5.2 Conducción a través de Estructuras Interiores.. ..	86
4.3.5.3 Radiación Solar a través de Vidrios.....	87
4.3.5.4 Ganancia de Calor por Iluminación.....	88

4.3.5.5 Ganancia de Calor debido a personas.....	88
4.3.5.6 Ganancia de Calor por otros equipos	89
4.3.6 Estrategias de Ahorro de Energía Eléctrica en Locales	
Comerciales.....	89
4.3.6.1 Acciones Prácticas que no Representan Fuertes Costos de Inversión	90
4.3.6.2 Acciones Tomadas con Inversión	95
4.3.6.2.1 Iluminación.....	96
4.3.6.2.2 Acondicionamiento de Aire	109
4.3.6.2.3 Otros	112
4.4 Propuesta para Reducir el Consumo de Energía Eléctrica.....	114
4.4.1 Reemplazo por Luminarias Eficientes.....	115
4.4.1.2 Método de los Lúmenes para el Cálculo de Número de Luminarias de un Local.....	116
4.4.1.2.2 Cálculo de Luminarias para un Local.....	120
4.4.1.3 Ropa y Calzado	122
4.4.1.4 Electrodoméstico	123
4.4.1.5 Locales Varios	125
4.4.1.6 Restaurantes	125
4.4.1.5 Grandes Tiendas	125
4.4.2 Cogeneración de Energía.....	129
4.4.2.2 Principio de Funcionamiento de Panel Solar	130
4.4.3 Reemplazo del Acondicionador de Aire.....	132
CAPÍTULO V ANÁLISIS DE RESULTADOS	
5.1 Análisis Económico de Iluminación de los Locales.....	135
5.1.1 Ropa y Calzado	135
5.1.1.1 Primera Propuesta: Tubo Fluorescente T-8.....	137
5.1.1.2 Segunda Propuesta: Tubo Fluorescente T-5.....	139
5.1.1.3 Tercera Propuesta: Tubo Fluorescente Compacta LFC.....	140

5.1.1.4 Cuarta Propuesta: Led.....	141
5.1.2 Electrodomésticos	142
5.1.2.1 Primera Propuesta: Tubo Fluorescente T-8.....	144
5.1.2.2 Segunda Propuesta: Tubo Fluorescente T-5.....	144
5.1.2.3 Tercera Propuesta: Tubo Fluorescente Compacta LFC	145
5.1.2.4 Cuarta Propuesta: Led.....	146
5.1.3 Grandes Tiendas	146
5.1.3.1 Primera Propuesta: Tubo Fluorescente T-8.....	149
5.1.3.2 Segunda Propuesta: Tubo Fluorescente T-5.....	150
5.1.3.3 Tercera Propuesta: Tubo Fluorescente Compacta LFC	151
5.1.3.4 Cuarta Propuesta: Led.....	152
5.1.4 Restaurantes	153
5.1.4.1 Primera Propuesta: Tubo Fluorescente T-8.....	155
5.1.4.2 Segunda Propuesta: Led	155
5.1.5 Locales Varios	156
5.1.5.1 Primera Propuesta: Tubo Fluorescente T-8.....	158
5.1.5.2 Segunda Propuesta: Tubo Fluorescente T-5.....	159
5.1.5.3 Tercera Propuesta: Tubo Fluorescente Compacta LFC	160
5.1.5.4 Cuarta Propuesta: Led.....	160
5.2 Análisis Económico de Paneles Solares en los Locales Comerciales.....	161
5.3 Análisis Económico de Acondicionadores de Aire en los Locales Comerciales.....	163
5.4 Análisis de Resultados	166
5.5 Generalización del Sector Comercial.....	170
5.5.1 Ahorro de Energía en Parque California.....	171
5.5.2 Ahorro de Toneladas de CO2 en Parque California.....	177
5.5.3 Remuneración por Bonos Verdes.....	178

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Energía facturada en GWh por sector a nivel nacional.....	1
Figura 1.2 Número de Clientes regulados a nivel nacional a junio el 2012.....	2
Figura 1.3 Energía demandada desde 1996- 2011.....	3
Figura 1.4 Potencia demandada desde 1996- 2011	3
Figura 1.5 Producto interno bruto, ingreso per cápita anual	4
Figura 1.6 Banco Central del Ecuador –Estudio Mensual de Opinión Empresarial.....	6
Figura 1.7 Inflación del año 2012.....	7
Figura 1.8 Curva de carga diaria para locales comerciales con consumo mayor a 1000kWh.....	20
Figura 1.9 Consumo mensual promedio de locales comerciales.....	22
Figura 1.10 Número de abonados del sector comercial de la ciudad de Guayaquil.....	24
Figura 1.11 Venta de energía del sector comercial de la ciudad de Guayaquil	24
Figura 2.1 Etiquetas de Eficiencia Energética en el mundo.....	32
Figura 2.2 Sellos de reconocimiento.....	33
Figura 2.3 Composición de la producción total de energía neta % año 2011	41
Figura 3.1 Distribución del uso de la energía eléctrica en Grandes Tiendas	47
Figura 3.2 Tipos de luminarias utilizadas en Grandes Tiendas.....	47
Figura 3.3 Distribución del uso de la energía eléctrica en Tiendas de Ropa y Calzado.....	50
Figura 3.4 Tipos de luminarias utilizadas en Tiendas de Ropa y Calzado	51
Figura 3.5 Distribución del uso de la energía eléctrica en Tiendas de Electrodomésticos.....	53
Figura 3.6 Tipos de luminarias utilizadas en Tiendas de Electrodomésticos	54
Figura 3.7 Consumo eléctrico de Restaurantes	57
Figura 3.8 Tipos de luminarias utilizadas en Restaurantes.....	58
Figura 3.9 Consumo eléctrico de Locales Varios.....	60
Figura 3.10 Tipos de luminarias utilizadas en Locales Varios	61

Figura 4.1 Formas de curva de demanda	68
Figura 4.2 Ejemplo de iluminación general	75
Figura 4.3 Distribución luminaria en iluminación general	76
Figura 4.4 Alumbrado general localizado.....	77
Figura 4.5 Diagrama de bloque de acondicionador de aire	79
Figura 4.6 Etiqueta de eficiencia energética	80
Figura 4.7 Etiqueta energética para acondicionadores de aire	82
Figura 4.8 Componentes de ganancia de calor	86
Figura 4.9 Componentes del tubo fluorescente	98
Figura 4.10 Tubo fluorescente eficiente.....	99
Figura 4.11 Rendimiento luminoso del tubo fluorescente a) T-5 b) T-8	100
Figura 4.14 Luminaria LFC	101
Figura 4.15 Partes de luminaria LFC	102
Figura 4.16 Rendimiento luminoso de luminarias LFC	103
Figura 4.21 Foco LED.....	104
Figura 4.22 Rendimiento luminoso de foco LED.....	105
Figura 4.23 Balastro electrónico	107
Figura 4.24 Factor de mantenimiento	118
Figura 4.25 Tabla del factor de utilización	121
Figura 4.26 Módulo fotovoltaico	129
Figura 4.27 Circuito eléctrico de alimentación de cargas.....	130
Figura 5.1 Comparación del consumo eléctrico de acondicionador de aire	166
Figura 5.2 Comparación de consumo entre luminarias instaladas y recomendadas	170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Consumo de energía eléctrica per cápita dado por el CONELEC ..	5
Tabla 1.2 Distribución de abonados en la ciudad de Guayaquil en el 2011..	19
Tabla 1.3 Ventas en GWh por sector en la ciudad de Guayaquil	19
Tabla 1.4 Proyección estimada de la demanda del sector comercial	23
Tabla 2.1 Proyectos registrados en el Ministerio del Ambiente	41
Tabla 4.1 Cuadro de lux recomendados de acuerdo a COVENIN 2249	74
Tabla 4.2 Luxes recomendados de acuerdo a NEC-10	75
Tabla 4.3 Contribución del calor sensible (Qs) y calor latente (Ql)	85
Tabla 4.4 Características de luminarias eficientes	96
Tabla 4.5 Dimensiones de locales	116
Tabla 4.6 Características técnicas de las luminarias	116
Tabla 4.7 Dimensiones de local Ropa y Calzado.....	120
Tabla 4.8 Costos de las luminarias Ropa y Calzado.....	122
Tabla 4.9 Disminución en potencia y dólares con las luminarias eficientes	123
Tabla 4.10 Costos de las luminarias Electrodomésticos.....	124
Tabla 4.11 Disminución en potencia y dólares con las luminarias eficientes	124
Tabla 4.12 Costos de las luminarias Locales Varios.....	125
Tabla 4.13 Disminución en potencia y dólares con las luminarias eficientes	125
Tabla 4.14 Costos de las luminarias Restaurantes.....	126
Tabla 4.15 Disminución en potencia y dólares con las luminarias eficientes	127
Tabla 4.16 Costos de las luminarias Grandes tiendas.....	128
Tabla 4.17 Disminución en potencia y dólares con las luminarias eficientes	129
Tabla 4.18 Disminución en potencia y centavos con acondicionador de aire eficiente	133
Tabla 5.1 Ahorro de energía por cambio de luminaria Ropa y Calzado.....	136

Tabla 5.2 Beneficio por ahorro en costo de energía Ropa y Calzado	136
Tabla 5.3 Costo de instalación Ropa y Calzado	137
Tabla 5.4 Evaluación económica para luminaria T-8	139
Tabla 5.5 Evaluación económica para luminaria T-5	139
Tabla 5.6 Evaluación económica para luminaria LFC.....	140
Tabla 5.7 Evaluación económica para foco led.....	141
Tabla 5.8 Ahorro de energía por cambio de luminaria Electrodomésticos..	142
Tabla 5.9 Beneficio por ahorro en costo de energía Electrodomésticos	143
Tabla 5.10 Costo de instalación Electrodomésticos.....	143
Tabla 5.11 Evaluación económica para luminaria T-8	144
Tabla 5.12 Evaluación económica para luminaria T-5	145
Tabla 5.13 Evaluación económica para luminaria LFC.....	146
Tabla 5.14 Evaluación económica para foco led.....	147
Tabla 5.15 Ahorro de energía por cambio de luminaria Grandes Tiendas..	147
Tabla 5.16 Beneficio por ahorro en costo de energía Grandes Tiendas	148
Tabla 5.17 Costo de instalación Grandes Tiendas	149
Tabla 5.18 Evaluación económica para luminaria T-8	149
Tabla 5.19 Evaluación económica para luminaria T-5	150
Tabla 5.20 Evaluación económica para luminaria LFC.....	151
Tabla 5.21 Evaluación económica para foco led.....	152
Tabla 5.22 Ahorro de energía por cambio de luminaria Restaurantes.....	153
Tabla 5.23 Beneficio por ahorro en costo de energía Restaurantes	154
Tabla 5.24 Costo de instalación Restaurantes.....	154
Tabla 5.25 Evaluación económica para luminaria T-8	155
Tabla 5.26 Evaluación económica para foco led.....	156
Tabla 5.27 Ahorro de energía por cambio de luminaria Locales varios	157
Tabla 5.28 Beneficio por ahorro en costo de energía	157
Tabla 5.29 Costo de instalación Locales varios	158
Tabla 5.30 Evaluación económica para luminaria T-8	159
Tabla 5.31 Evaluación económica para luminaria T-5	159
Tabla 5.32 Evaluación económica para luminaria LFC.....	161
Tabla 5.33 Evaluación económica para foco led.....	161
Tabla 5.34 Ahorro de energía por paneles solares	162
Tabla 5.35 Costo de instalación del panel solar.....	163
Tabla 5.36 Evaluación económica para paneles solares	163
Tabla 5.37 Ahorro de energía por cambio de acondicionador de aire	164
Tabla 5.38 Beneficio por ahorro de energía por cambio de acondicionador de aire.....	165

Tabla 5.39 Costo de instalación del acondicionador de aire	165
Tabla 5.40 Evaluación económica para Acondicionadores de Aire	166
Tabla 5.41 Valor presente neto para las alternativas propuestas para iluminación	167
Tabla 5.42 Número de locales en Parque California.....	171
Tabla 5.43 Ahorros en MWh anual obtenidos en locales encuestados.....	173
Tabla 5.44 Costos de inversión en USD de locales encuestados.....	174
Tabla 5.45 Ahorro en USD de locales encuestados para un periodo de 3 años	175
Tabla 5.46 Toneladas de CO2 evitadas.....	177
Tabla A1.1 Generación de unidades low-cost/must-run	10
Tabla A1.2 Resultados del margen de operación para el año 2010	16
Tabla A1.3 Resultados de margen de operación resultado 2008-2010	16
Tabla A1.4 Resultados de margen de operación resultado 2008-2010	16
Tabla A1.5 Factores de emisiones de CO2 para el año 2011	20
Tabla B1.1 Registro de datos recogidos por la encuesta realizada	22

ABREVIATURAS

AC	Acondicionador de aire
AN- MDL	Autoridad Nacional para el Mecanismo de desarrollo limpio
Art.	Artículo
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers
Bfp	Factor de penalización por bajo factor de potencia
BTU	British Thermal Unit
CDE	Comercio de derechos de emisiones
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CERs	Certificados de emisiones reducidas
CH4	Tetrahidruro de carbono o Gas metano
CO2	Dióxido de carbono
CONELEC	Consejo Nacional de Electricidad
COP	Coeficiente de operación
COVENIN	Comisión Venezolana de Normas Industriales
Ctvs.	Centavos de dólar
DM	Demanda Media
DP	Demanda Máxima
DR	Desplazamiento de carga
DSM	Administración de la carga

EER	Grado de Eficiencia Energética
EF	Factor de emisión de CO2
FC	Factor de corrección
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
Fpr	Factor de potencia registrado
GEI	Gases de efecto invernadero
GWh	Gigavatio-hora
h	Hora
HFC	Hidrofluorocarbonos
IC	Implementación conjunta
IEC	Índice de Confianza Empresarial
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
INER	Instituto de Eficiencia Energética y Energía Renovables
INMETRO	Instituto Nacional de Metrología, Calidad e Tecnología
IPC	Índice de precios al consumidor
Km²	Kilómetros cuadrados
KW	Kilovatio
lm	Lumen
Lux	Unidad para el nivel de iluminación
MDL	Mecanismo de desarrollo limpio
MEER	Ministerio de Electricidad y Energías Renovables
MEPS	Minimum Energy Performance Standards

MHz	Mega hertz
MTD	Tarifa de Media Tensión
MTDH	Tarifa de Media Tensión con Registrador de Demanda Horaria
MVA	Megavoltio- Amperio
MWh	Megavatio-hora
N₂O	Óxido nitroso
NEC	National Electrical Code
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
PAES	Plan de Acción de Energía Sostenible para Ecuador
PFC	Perfluorocarbonos
PIB	Producto Interno Bruto
PROCEL	Programa Nacional de Conservación de Energía Eléctrica
RA	Reproducción cromática
RTE	Reglamento Técnico Ecuatoriano
SEER	Grado de Eficiencia Energética por estaciones
SF₆	Hexafluoruro de azufre
SICPRO	Seminario Internacional Experiencias en Construcción de Proyectos Hidroeléctricos
SNI	Sistema Nacional Interconectado
tonCO₂	Toneladas de CO ₂

UNFCCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
USD	Dólares americanos
V	Voltios
VPN	Valor presente neto
W	Vatio

INTRODUCCIÓN

Con la innovación tecnológica y el aumento de la población se incrementa la demanda de energía eléctrica. Para producir la energía eléctrica se dispone de muchas fuentes, de las cuales un porcentaje significativo proviene del uso de combustibles fósiles lo que provoca un grave daño ambiental debido a que su combustión produce gases de efecto invernadero, además en la actualidad existen elevados precios del petróleo lo que provoca un nivel alto de incertidumbre para el costo de energía eléctrica a partir de fuentes no renovables es por eso que se ha desarrollado medidas alternativas para reducir la producción de energía eléctrica a partir de derivados del petróleo bien sea con el uso de fuentes renovables y alternativas (hidroeléctricas, solar, eólica, geotérmica, etc.) o con el uso eficiente de la energía.

De tal manera que el uso eficiente de la energía provee, además ahorros monetarios, beneficios al medioambiente, al contribuir con la mitigación de emisiones de gases nocivos a la atmósfera. En este estudio se presenta como el uso eficiente de energía eléctrica reduce los MWh consumidos por el sector comercial de Guayaquil.

ANTECEDENTES

El Ecuador es un país con una creciente demanda de energía eléctrica y con el fin de satisfacer esta demanda se ve en la obligación de la instalación de plantas de generación. Dependiendo del tiempo que se tenga para satisfacer la demanda estas plantas pueden ser: Hidroeléctricas (con un tiempo de instalación de aproximadamente 10 años), o también pueden ser Térmicas (con un tiempo de instalación de aproximadamente 3 años).

En el año 2009 el Ecuador pasó por un periodo de estiaje provocando cortes programados de energía para la racionalización de agua en la represa Paute. En ese año se puso en marcha el plan de contingencia eléctrica el cual consistía en la instalación de nuevas plantas generadoras térmicas y la puesta en operación de plantas generadoras que en ese entonces se encontraban en mantenimiento, por lo que en el año 2010 se registró el mayor consumo de combustibles debido a las desfavorables condiciones hidrológicas.

Es una prioridad reducir al mínimo el consumo eléctrico a partir de centrales térmicas y en lo posible prescindir de la importación de electricidad de países vecinos, lo que se logrará con el uso responsable de energía eléctrica y la

búsqueda de fuentes alternativas, además de los proyectos de generación donde se aprovechen recursos hídricos que se encuentran en desarrollo.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DEL SECTOR COMERCIAL

1.1 CONSUMO ELÉCTRICO DEL ECUADOR

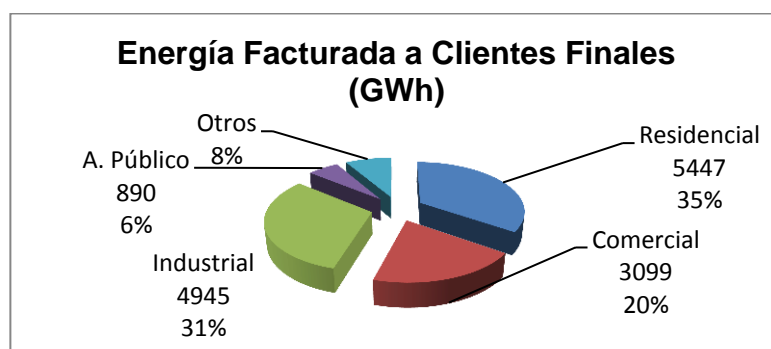


Figura 1.1 Energía facturada en GWh por sector a nivel nacional

Para el 2012 el sector eléctrico ecuatoriano tiene una demanda de energía facturada a los clientes finales, como se presenta en la Figura 1.1 [1]

El número de clientes regulados a nivel nacional de acuerdo con los indicadores del CONELEC, son:

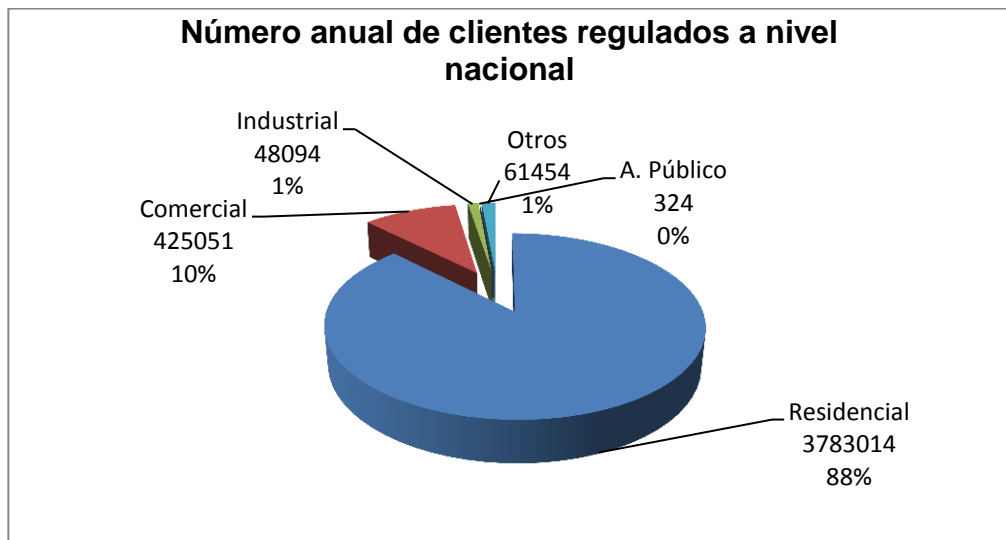


Figura 1.2 Número de Clientes regulados a nivel nacional a junio el 2012

En la Figura 1.3 se muestra la demanda de energía desde el año 1996 al año 2011, se observa un crecimiento año a año, a excepción del año 1999 que fue menor que el 1998, esto debido a la crisis financiera por la que atravesó el país, en los siguientes tres años la demanda no superó la del 1998, ya que

el país se encontraba recuperándose de aquella crisis, así fue en el 2002 cuando se superó la demanda de 1998.

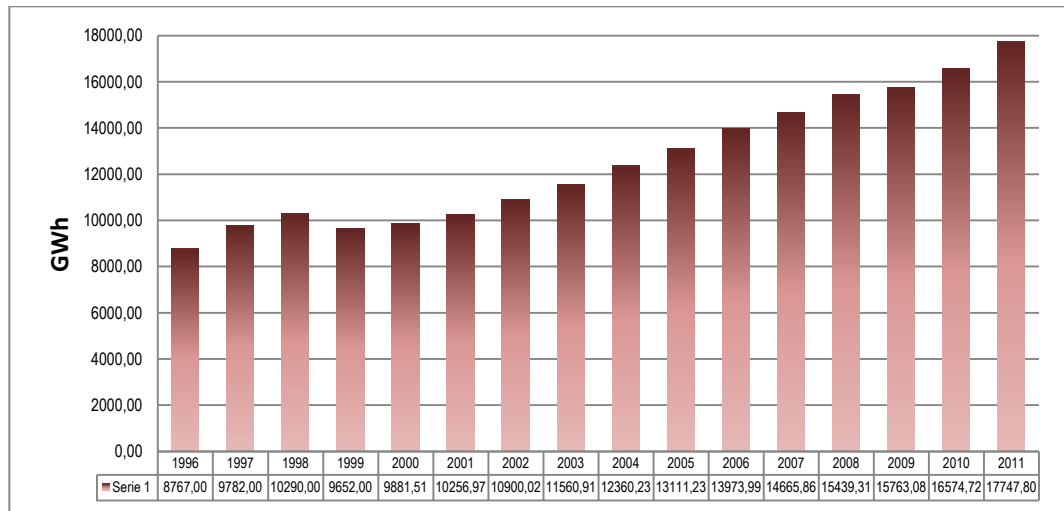


Figura 1.3 Energía demandada desde 1996- 2011

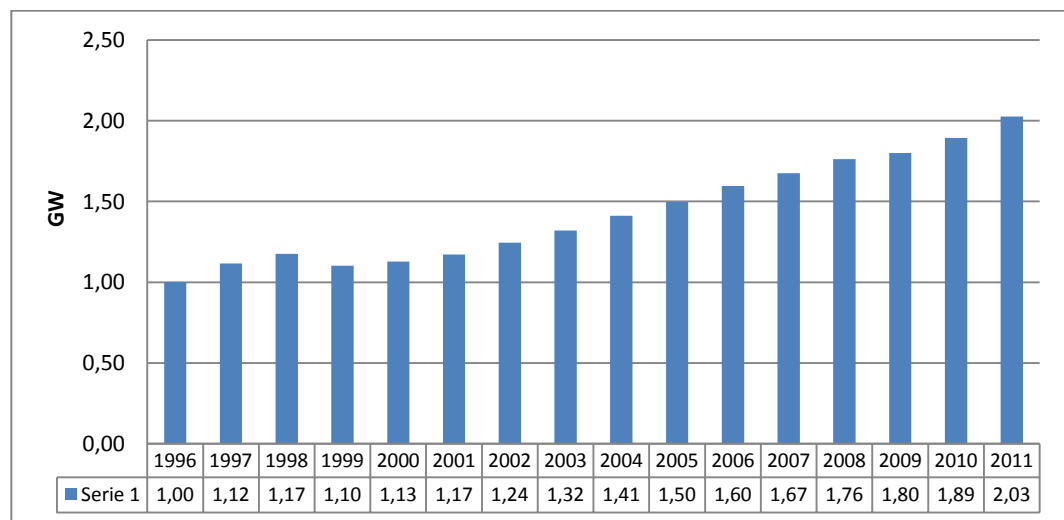


Figura 1.4 Potencia demandada desde 1996- 2011

1.2 ÍNDICES MACROECONÓMICOS

1.2.1 MACROAMBIENTE

Es necesario presentar las variables exógenas que predominan en el entorno para medir el desarrollo económico de un país.

En el año 2011, el PIB per cápita se incrementó en 6,3% (al pasar de USD 1.759 en 2010 a USD 1.870 en 2011), apreciando el dinamismo de la economía ecuatoriana en dicho año. El crecimiento del PIB anual fue de 7,8%. [2]

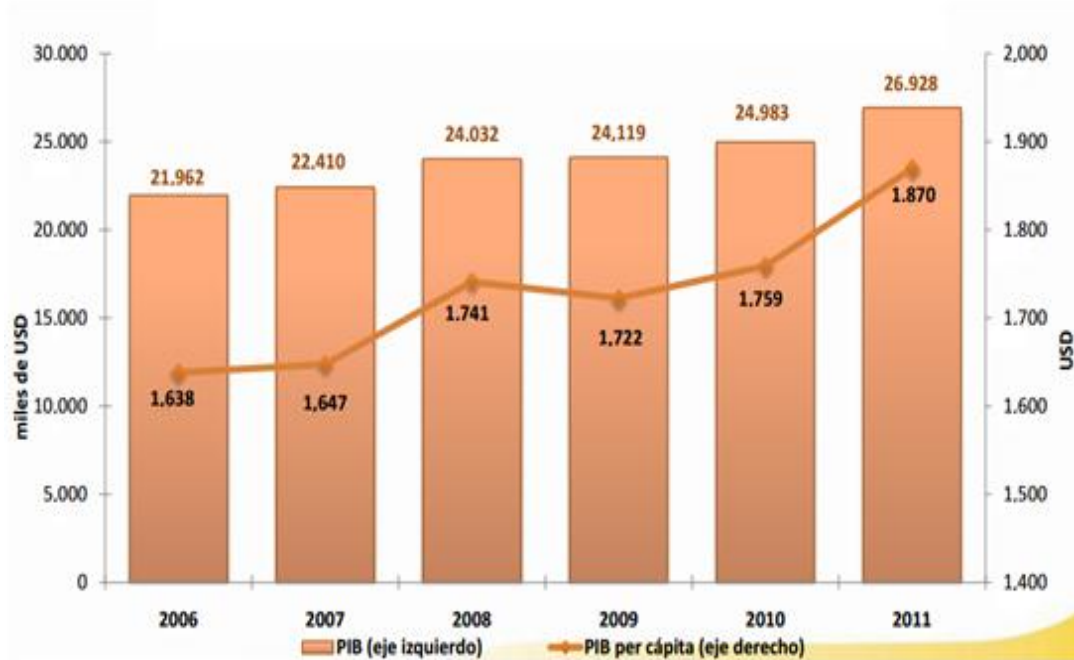


Figura 1.5 Producto interno bruto, ingreso per cápita anual

Así mismo el consumo de energía eléctrica por habitante ha aumentado en los últimos años tal y como se muestra en la Tabla 1.1.

Consumo de energía eléctrica per cápita				
Año	Consumo Eléctrico (GWh)	Población del País (Miles)	Consumo Per Cápita (kWh/hab.)	Variación (%)
1999	7731	12121	638	
2000	7885	12990	607	-4,83%
2001	8158	12480	654	7,68%
2002	8596	12661	679	3,86%
2003	9107	12843	709	4,45%
2004	9690	13027	744	4,90%
2005	10305	13215	780	4,83%
2006	11039	13408	823	5,59%
2007	11863	13605	872	5,91%
2008	12580	13805	911	4,51%
2009	13213	14010	943	3,49%
2010	14077	14483	972	3,06%
2011	15249	14688	1038	6,82%
2012	15785	14707	1073	3,38%

Tabla 1.1 Consumo de energía eléctrica per cápita dado por el CONELEC

1.2.2 ÍNDICE DE CONFIANZA EMPRESARIAL (ICE)

Este índice mide la percepción del sector empresarial frente al entorno del país el cual ayuda a los empresarios en la toma de decisiones, respecto a la situación económica del país y su evolución.

En octubre 2011, el ICE Global registró un incremento de 17,8 puntos con respecto al mes inmediatamente anterior, para ubicarse en 749,3 puntos.

Dicha variación se determinó por incrementos en las cuatro ramas de actividad económica analizadas. En el caso del sector Servicios, el aporte fue de 34,3%, para el sector Industria fue de 29,3%, el aporte de la rama de Comercio fue de 20,1%; y, finalmente la rama de Construcción contribuyó con el 16,2% restante. [3]

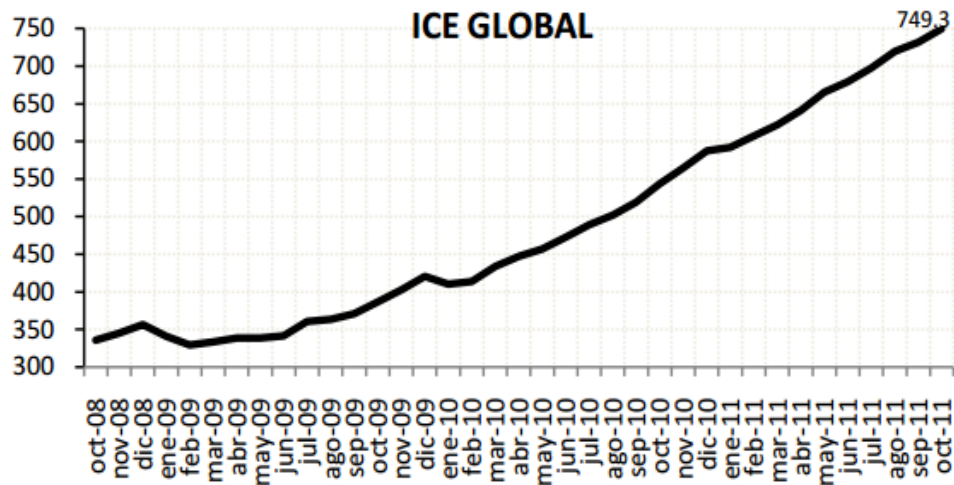


Figura 1.6 Banco Central del Ecuador –Estudio Mensual de Opinión Empresarial

1.2.3 INFLACIÓN

La inflación anual del índice de precios al consumidor (IPC) para el 2012 registró el 4,88%. Dicho resultado general muestra, tal como se observó a

nivel mensual, a la inflación de Bebidas Alcohólicas, Tabaco y Estupefacientes como la división de mayor crecimiento (29,99%). [4]

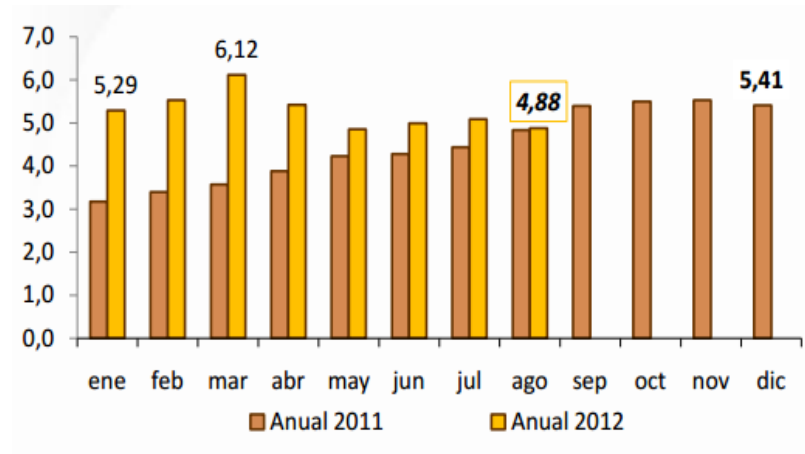


Figura 1.7 Inflación del año 2012

1.3 PLIEGO TARIFARIO PARA EMPRESAS ELECTRICAS PARA EL SECTOR COMERCIAL

De acuerdo con el pliego tarifario para empresas eléctricas 2012 dispuesto por el CONELEC se presenta el reglamento de las tarifas eléctricas [5], se recogió información para la categoría del sector comercial.

1.3.1 DEFINICIONES

Para su aplicación se deberán considerar las siguientes definiciones:

- Las tarifas al consumidor final, estarán destinadas a todos los Consumidores que no hayan suscrito un contrato a plazo con un generador o un Distribuidor. La correcta aplicación de estas tarifas estará a cargo de los Distribuidores en su zona de concesión.
- Las tarifas de transmisión y los peajes de distribución, serán los pagos que deberán realizarse a favor del Transmisor o del Distribuidor, respectivamente, por quienes utilicen dichas instalaciones. La liquidación de estos pagos estará a cargo del CENACE en coordinación con el Transmisor y los Distribuidores.
- Punto de Entrega: Se entenderá como Punto de Entrega el lado de la carga del sistema de medición, es decir, los terminales de carga del medidor, en los sistemas de medición directa y el lado secundario de los transformadores de corriente, en los sistemas de medición indirecta o semi-indirecta, independientemente de donde estén ubicados los transformadores de potencial.

1.3.2 IDENTIFICACIÓN DE USUARIOS COMERCIALES

Los usuarios comerciales se consideran aquellos clientes que desarrollan sus actividades en el comercio o en la prestación de servicios. De acuerdo con el CONELEC, dentro del pliego tarifario 2012, se consideran dentro de este tipo

de usuarios a locales y establecimientos comerciales públicos o privados, como:

- Tiendas, almacenes, salas de cine o teatro, restaurantes, hoteles y afines
- Plantas de radio, televisión y cualquier otro servicio de telecomunicaciones
- Clínicas y hospitales privados
- Instituciones educativas privadas
- Vallas publicitarias
- Organismos internacionales, embajadas, legaciones y consulados
- Asociaciones civiles y entidades con o sin fines de lucro;
- Cámaras de comercio e industria tanto nacionales como extranjeras

1.3.3 TARIFAS

Conforme el Art.17 del Reglamento de Tarifas pueden ser agrupados por:

- Las características de consumo
- El nivel de tensión

1.3.3.1 TARIFA DE BAJA TENSION

De acuerdo con el pliego tarifario del CONELEC, un usuario comercial está dentro de la Categoría General y la clasifica en: Tarifa General sin Demanda y Tarifa General con Demanda, además considera el nivel de tensión.

En el caso que el consumidor sea atendido a través de un transformador de su propiedad y el registro de lectura sea de Baja Tensión, la empresa considerará un recargo por pérdidas de transformación equivalente a un 2% en el monto total de energía consumida.

1.3.3.1.1 TARIFA GENERAL SIN DEMANDA (BTCGSD)

Se aplica a los consumidores en Baja Tensión, cuya potencia contratada o demanda facturable sea de hasta 10 kW. Dentro de este grupo se consideran las siguientes tarifas:

- Comercial y Entidades Oficiales, sin demanda.
- Industria Artesanal.
- Asistencia Social y Beneficio Público, sin demanda.
- Otras como: Escenarios deportivos, Instalaciones de bombeo de agua sin demanda, Servicios comunitarios sin demanda.

Los consumidores de las tarifas G1 (Comercial sin demanda y Entidades Oficiales sin demanda), G2 (Industrial Artesanal) y G3 (Asistencia Social y Beneficio Público, sin demanda), deberán pagar:

- Un cargo por comercialización en USD/consumidor, independiente del consumo de energía;
- Cargos variables por energía expresados en USD/kWh, en función de la energía consumida.

1.3.3.1.2 TARIFA GENERAL CON DEMANDA (BTCGCD)

Se aplica a los consumidores en Baja Tensión, cuya potencia contratada o demanda facturable sea superior a 10 kW y disponen de un registrador de demanda máxima. El consumidor deberá pagar:

- Un cargo por comercialización en USD/consumidor, independiente del consumo de energía.
- Un cargo por potencia, expresado en USD/kW, por cada kW de demanda facturable, como mínimo de pago, sin derecho a consumo, establecido en el pliego para la Tarifa de Media Tensión (MTD).

- Un cargo por energía, expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida, correspondiente al cargo superior de las tarifas G1 y G2 disminuido en un 20%.

1.3.3.1.3 TARIFA GENERAL DE BAJA TENSIÓN CON REGISTRADOR DE DEMANDA HORARIA

Se aplica a los consumidores de la Categoría General de Baja Tensión, cuya potencia contratada o demanda facturable sea superior a 10 kW, que dispongan de un registrador de demanda horaria que permita identificar los consumos de potencia y energía en los períodos horarios de punta, media y base, con el objeto de incentivar el uso de energía en las horas de menor demanda (22h00 hasta las 07h00). El consumidor deberá pagar:

- Un cargo por comercialización en USD/consumidor, independiente del consumo de energía.
- Un cargo por potencia, expresado en USD/kW, por cada kW de demanda facturable, como mínimo de pago, sin derecho a consumo, afectado por un factor de corrección (FC).
- Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida en el período de demanda media y de punta (07H00 hasta las

22H00), que corresponde al cargo por energía de la tarifa general con demanda.

- Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida, en el período de base (22H00 hasta las 07H00), que corresponde al cargo por energía de tarifa general con demanda disminuido en el 20%.

Para su aplicación, se debe establecer la demanda máxima mensual del consumidor durante las horas de pico de la empresa eléctrica (18h00 a 22h00) y la demanda máxima mensual del consumidor, el cargo por demanda aplicado a estos consumidores debe ser ajustado mediante un factor de corrección (FC).

1.3.3.2 TARIFA DE MEDIA TENSIÓN

Las tarifas de media tensión se aplicarán a los consumidores comerciales, entidades oficiales, industriales, bombeo de agua, etc, servidos por la empresa en los niveles de voltaje entre 40 KV y 600 V. Si un consumidor de este nivel de tensión, está siendo medido en baja tensión, la empresa considerará un recargo por pérdidas de transformación equivalente al 2 % del monto total consumido en unidades de potencia y energía.

1.3.3.2.1 TARIFA DE MEDIA TENSIÓN CON DEMANDA (MTD)

Se aplica a los consumidores que disponen de un registrador de demanda máxima o para aquellos que no disponen de registrador de demanda, pero tienen potencia contratada o calculada. El consumidor deberá pagar:

- Un cargo por comercialización USD/consumidor, independiente del consumo de energía.
- Un cargo por potencia, expresado en USD/kW, por cada kW de demanda facturable, como mínimo de pago, sin derecho a consumo.
- Un cargo por energía, expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida.

1.3.3.2.2 TARIFA DE MEDIA TENSIÓN CON REGISTRADOR DE DEMANDA HORARIA (MTDH)

Se aplica a los consumidores que disponen de un registrador de demanda horaria que les permite identificar los consumos de potencia y energía en los períodos horarios de punta, demanda media y de base, con el objeto de incentivar el uso de energía en las horas de la noche (22H00 hasta las 07H00). El consumidor final deberá pagar:

- Un cargo por comercialización USD/consumidor, independiente del consumo de energía.
- Un cargo por demanda, expresado en USD/kW, por cada kW de demanda facturable, como mínimo de pago, sin derecho a consumo, afectado por un factor de corrección.
- Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida en el período de demanda media y de punta (07H00 hasta las 22H00), que corresponde al cargo por energía de la tarifa general con demanda.
- Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida, en el período de base (22H00 hasta las 07H00), que corresponde al cargo por energía de tarifa general con demanda disminuido en el 20%.

Para su aplicación, se debe establecer la demanda máxima mensual del consumidor durante las horas de pico de la empresa eléctrica (18h00 a 22h00) y la demanda máxima mensual del consumidor, el cargo por demanda aplicado a estos consumidores debe ser ajustado mediante un factor de corrección (FC).

1.3.3.3 TARIFA DE ALTA TENSION

La tarifa de alta tensión se aplicará a los consumidores, excepto consumidores industriales, servicios por la empresa en los niveles de voltaje superiores a 40 KV y que debe disponer de un registrador de demanda horaria. El consumidor deberá pagar los siguientes cargos:

- Un cargo por comercialización USD/consumidor, independiente del consumo de energía.
- Un cargo por demanda, expresado en USD/kW, por cada kW de demanda facturable, como mínimo de pago, sin derecho a consumo, afectado por un factor de corrección (FC).
- Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida en el período de demanda media y de punta (07H00 hasta las 22H00), que corresponde al cargo de media tensión con registrador de demanda horaria disminuido en 10%.
- Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida, en el período de base (22H00 hasta las 07H00), que corresponde al cargo por energía de tarifa general con demanda disminuido en el 10%.

Para su aplicación, se debe establecer la demanda máxima mensual del consumidor durante las horas de pico de la empresa eléctrica (18h00 a 22h00) y la demanda máxima mensual del consumidor, el cargo por demanda aplicado a estos consumidores debe ser ajustado mediante un factor de corrección (FC).

1.3.4 CARGOS POR BAJO FACTOR DE POTENCIA

Para aquellos consumidores de la Categoría General, con medición de energía reactiva, que registren un factor de potencia medio mensual inferior a 0,92, el distribuidor aplicará lo establecido en el Art. 27 de la Codificación del Reglamento de Tarifas: “Cargos por bajo factor de potencia”.

1.3.5 FACTOR DE CORRECCIÓN REGISTRADOR DE DEMANDA HORARIA

Para aquellos consumidores quienes disponen de un registrador de demanda horaria, el factor de corrección deberá ser menor que 0,60 y se obtiene de la relación:

$$FC = DP/DM \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde:

DP = Demanda máxima registrada por el consumidor en las horas de pico de la empresa eléctrica (18H00 – 22H00).

DM = Demanda máxima del consumidor durante el mes.

La demanda mensual facturable, es la demanda máxima mensual registrada por el consumidor, la que no podrá ser menor al 70% de la potencia contratada o de la demanda facturable del consumidor. Para el año 2010 el precio medio nacional de facturación total de la energía eléctrica para los clientes regulados del sector comercial fue de 7,85 USD ctvs./kWh con una demanda total de 2672,33 GWh y un consumo promedio por cliente de 589 kWh, facturando para este año USD 209,64 millones

1.4 GENERALIDADES EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

La ciudad de Guayaquil tiene un área de 262 Km² con una población que excede los 2'500.000 habitantes. Guayaquil consta de 155 alimentadoras y 34 subestaciones de reducción de 69 KV y un total de 46 transformadores de poder, teniendo una capacidad total de 1066 MVA. Para el 2011 el número de clientes comerciales fue de 71.739 consumiendo una cantidad de 949,94 GWh lo que representa el 23,3% de la energía total consumida en la ciudad

para el año mencionado y representando el 30,65% del consumo del sector comercial del total a nivel nacional. En la Tabla 1.2 se presenta el número de los diferentes tipos de abonados de la ciudad de Guayaquil.

TIPO	NÚMERO DE ABONADOS	PORCENTAJE DE NÚMERO DE ABONADOS
RESIDENCIAL	523.337	87,15%
COMERCIAL	71.739	11,94%
INDUSTRIAL	2.847	0,47%
OTROS	2.612	0,44%
TOTAL	600.535	100,00%

Tabla 1.2 Distribución de abonados en la ciudad de Guayaquil en el 2011

La distribución de consumo en GWh por cada tipo de abonado para el 2011 es: [6]

TIPO	ENERGÍA CONSUMIDA (GWh)	PORCENTAJE DE ENERGÍA CONSUMIDA
RESIDENCIAL	1.166,45	28,61%
COMERCIAL	949,94	23,30%
INDUSTRIAL	1.507,21	36,97%
OTROS	453,09	11,11%
TOTAL	4.076,69	100,00%

Tabla 1.3 Ventas en GWh por sector en la ciudad de Guayaquil

1.4.1 COMPORTAMIENTO DE LOS USUARIOS COMERCIALES DE GUAYAQUIL

En la ciudad de Guayaquil el comportamiento de los consumidores comerciales varía dependiendo de la hora del día, del día de la semana, la época del año.

1.4.1.1 DE ACUERDO A LA HORA DEL DÍA

Los locales comerciales aumentan o disminuyen el consumo de energía eléctrica dependiendo de la hora del día, a continuación se muestra una curva de carga diaria para locales comerciales de consumo mayor a 1000kWh [7].

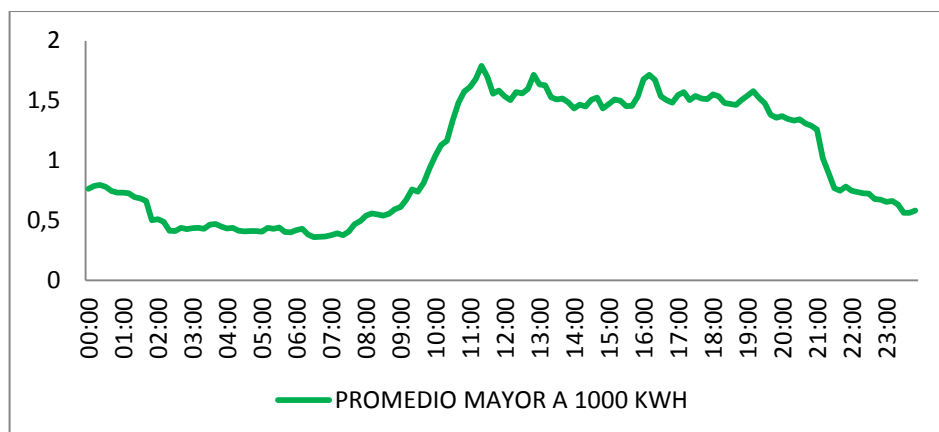


Figura 1.8 Curva de carga diaria para locales comerciales con consumo mayor a 1000kWh

De la curva se puede apreciar que la actividad comercial empieza alrededor de las 9:00 o 10:00 a partir de esas horas se presenta un aumento en el consumo de energía eléctrica hasta las 12:00 donde prácticamente alcanza su pico máximo. Alrededor de las 20:00 el consumo empieza a disminuir debido a que normalmente estos locales a esa hora terminan su jornada laboral.

1.4.1.2 DE ACUERDO AL DÍA DE LA SEMANA

Se estima que el consumo aumenta en fines de semana y en días feriados.

1.4.1.3 DE ACUERDO AL MES

Se estima que el consumo de energía eléctrica aumenta en los meses más calurosos del año y en diciembre debido a las fiestas dadas en ese mes.

A continuación se muestra el consumo mensual promedio de los abonados comerciales de Guayaquil.

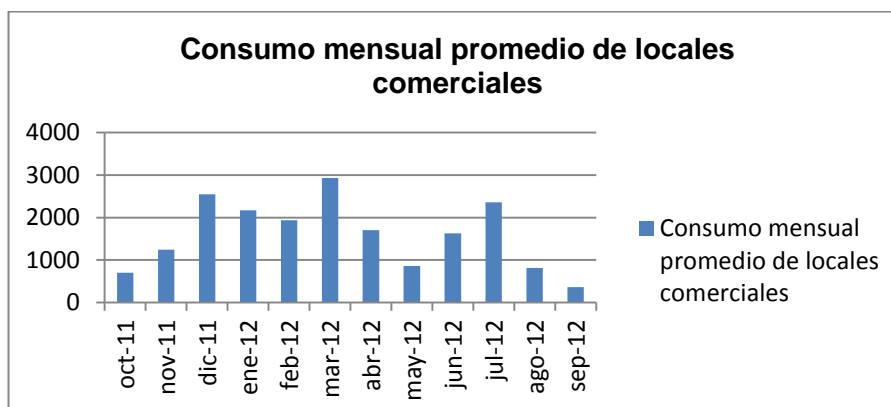


Figura 1.9 Consumo mensual promedio de locales comerciales

Se puede observar que el mayor consumo se produce en los meses de marzo y diciembre, el consumo de marzo se debe al inicio del año escolar en Guayaquil y en diciembre por las mencionadas fiestas en dicho mes. Estos consumos se dan debido a la gran cantidad de compradores que asisten a estos locales por ende los locales comerciales se ven obligados a atender a los clientes pasado su horario normal de trabajo prolongando así el tiempo de uso de los equipos eléctricos.

1.4.2 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL SECTOR COMERCIAL DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

En la Tabla 1.4 se observa el comportamiento histórico de la demanda de energía del sector comercial de la Ciudad de Guayaquil y la proyección de la demanda de energía y número de abonados para el sector comercial.

El valor de la tarifa del kWh que se utiliza para nuestros cálculos posteriores es del precio medio nacional de facturación total de la energía eléctrica para los clientes regulados del sector comercial cuyo valor es de 7,85 USD ctvs./kWh. El incremento del número de abonados proyectados hasta el 2015 se presenta en la Figura 1.10.

Año	Abonados	Ventas (MWh)	Año proyección
2006	57.348	748.260	1
2007	58.439	756.097	2
2008	61.364	801.453	3
2009	64.798	833.503	4
2010	68.206	886.491	5
2011	71.739	949.940	6
2012	78.400,8	1'023.657	7
2013	84.513,6	1'108.530	8
2014	91.361	1'204.401	9
2015	98.943	1'311.270	10

Tabla 1.4 Proyección estimada de la demanda del sector comercial

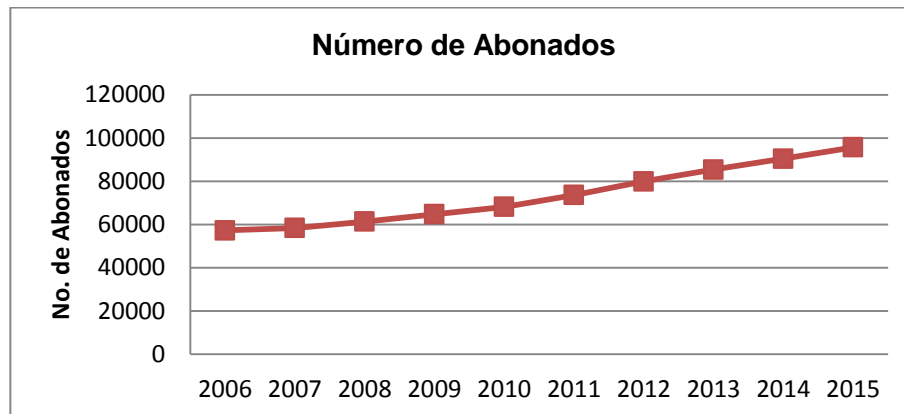


Figura 1.10 Número de abonados del sector comercial de la ciudad de Guayaquil

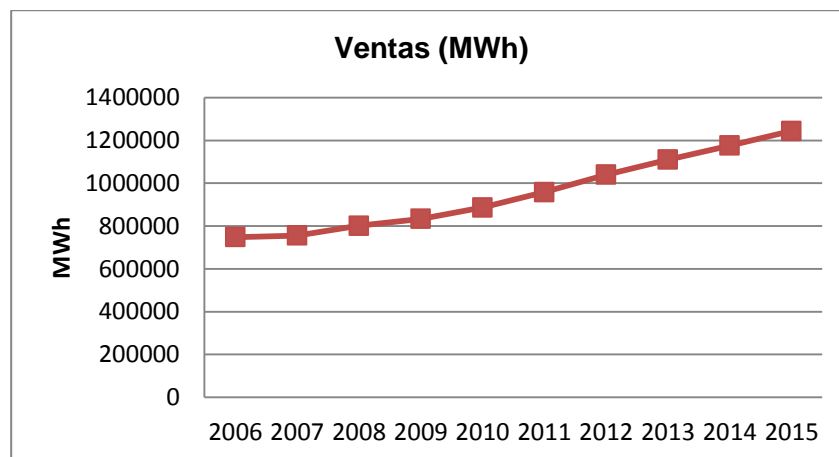


Figura 1.11 Venta de energía del sector comercial de la ciudad de Guayaquil [7]

La energía eléctrica proyectada hasta el 2015 se muestra en la Figura 1.11. La tendencia muestra que el sector comercial está en constante incremento según el ICE la confianza en el sector productivo del Ecuador incrementó en

17,8 puntos en lo cual el sector comercial tuvo un aporte del 20,1% lo que corrobora las proyecciones mostradas en la Figura 1.10 y en la Figura 1.11.

CAPÍTULO II

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En este capítulo trataremos sobre los equipos consumidores de energía en el sector comercial de Guayaquil, las acciones que han tomado las autoridades nacionales y entidades relacionadas con el sistema eléctrico para reducir el consumo eléctrico en los diferentes sectores, la situación actual en diferentes países respecto a la reducción del consumo energético, y las consecuencias medioambientales del consumo descontrolado de energía.

Debe de existir un conocimiento pleno de la situación del sector a analizar es por eso que se debe de realizar una auditoría para poder obtener un conocimiento del consumo de energía eléctrica lo suficientemente confiable, para detectar factores que afectan al consumo y con esto identificar y evaluar las técnicas de ahorro en función de los beneficios.

Se realizó una primera visita a distintos comercios de Guayaquil para recoger información acerca de los equipos, métodos de trabajo, formas de actuación y datos tarifarios, el objetivo es de detectar los puntos críticos en lo que respecta a consumo y malas prácticas, para así tener en claro el problema.

2.1 MEDIDAS POLÍTICAS PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO EN ECUADOR

Fue a finales del año 2007 cuando en el Ecuador se empezaron a tomar ciertas medidas para reducir el consumo eléctrico del país. El Ministerio de Electricidad y Energías Renovables cuenta con la Subsecretaría de energía renovable y eficiencia energética, la cual está trabajando en proyectos y otros se encuentran en planificación, tales como:

- Normalización de refrigeradoras, normalización de focos ahorradores.
- Auditorías energéticas en edificios públicos y oficiales.

- Auditorías energéticas en el sector industrial y hotelero.
- Campaña de promoción de proyectos de eficiencia energética.
- Diseño de la curricular educativa de energía.

Y se encuentra desarrollando una serie de proyectos referentes a eficiencia energética, biocombustibles y demás estudios, según lo informa en su sitio web oficial, uno de ellos es la Ley de Fomento de Eficiencia Energética. Otra entidad adscrita al MEER creada bajo Decreto Ejecutivo en febrero del 2012 es el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, con facultades similares a la Subsecretaría.

A continuación se presentan los proyectos aplicados directamente a los sectores residencial, comercial e industrial [8].

2.1.1 SECTOR RESIDENCIAL

Sustitución de 6'000.000 de focos incandescentes por focos ahorradores, en el 2008 a cargo del MEER, proyecto implementado en todas las provincias del país. A partir de 1 de enero del 2010 se suspendieron las importaciones

de focos incandescentes de uso residencial, y para las importaciones de lámparas fluorescentes T8 y T5 se entregarían incentivos arancelarios.

Sustitución de 330.000 refrigeradoras ineficientes en 5 años a nivel nacional, primera fase en el 2011.

2.1.2 SECTOR COMERCIAL

Se desarrollarán planes de reducción de los usos finales de mayor demanda que son iluminación y refrigeración.

2.1.3 SECTOR INDUSTRIAL

Se tiene previsto un proyecto para este sector en el Plan de Acción de Energía Sostenible para Ecuador, PAES.

2.1.4 INSTITUTO NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍAS RENOVABLES

El Instituto de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), creado por Decreto Presidencial 1048 del 10 de febrero de 2012, tiene como objeto fomentar la investigación científica y tecnológica, la innovación, difusión del conocimiento, el desarrollo y uso de prácticas tecnológicas no contaminantes

de bajo impacto, la diversificación de la matriz energética, así como promover una mayor participación de energías renovables sostenibles en la matriz energética de Ecuador [9].

2.1.5 NORMAS TÉCNICAS ECUATORIANAS

NTE INEN 2506:09 Eficiencia energética en edificaciones.

NTE INEN 2498:09 Eficiencia energética en motores eléctricos estacionarios.

NTE INEN 2495:09 Eficiencia energética para acondicionadores de aire de uso doméstico.

RTE INEN 036:2010 Eficiencia energética. Lámparas fluorescentes compactas. Rangos de desempeño energético y etiquetado

2.2 SITUACIÓN INTERNACIONAL

A nivel internacional son muchos los países que han adoptado planes de reducción de consumo de energía eléctrica, algunos desde varias décadas atrás. Estos planes por lo general contemplan una serie de estrategias tales como normativas, etiquetados de eficiencia en equipos eléctricos y organismos de certificación.

2.2.1 PROGRAMAS DE NORMALIZACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Los Programas de Normalización de Eficiencia Energética proponen normas y reglamentos técnicos de eficiencia energética, que permitan clasificar a los productos y equipos que consumen energía de acuerdo a su grado de eficiencia, y que brinden pautas para diseños eficientes de edificaciones. Las normas y reglamentos son por lo general desarrollados y publicados por asociaciones o institutos de normalización técnica, aunque ciertos países cuentan con entidades independientes especializadas en la elaboración de procedimientos referentes a eficiencia energética. Existen principalmente dos tipos de Normas de Eficiencia Energética, que son:

- Normas de desempeño energético mínimo MEPS

También denominada MEPS por sus siglas en inglés, Minimum Energy Performance Standards, requieren de un valor de eficiencia mínima o consumo óptimo de energía que los fabricantes deben cumplir para cada producto, indicando el consumo de energía, pero no las especificaciones de diseño.

- Normas con enfoque de etiquetado

Los etiquetados de eficiencia energética son una recopilación de información que se encuentran adheridas a los productos, sirven para brindar al consumidor los datos del equipo de interés para tomar una decisión de

adquisición en función de eficiencia energética. Esto provoca un efecto estimulante en los fabricantes e importadores, consiguiendo que se esfuercen en promocionar equipos eficientes.



Figura 2.1 Etiquetas de Eficiencia Energética en el mundo

2.2.2 SELLOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE RECONOCIMIENTO

Son sellos de aprobación otorgados a productos de alta eficiencia en comparación con otros de su clase por parte de organismos especializados en eficiencia energética, que dan un valor agregado al producto.



Figura 2.2 Sellos de reconocimiento

a. Energy Star. b. PROCEL. c. FIDE

2.2.3 POLÍTICAS Y PROGRAMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PAÍSES DE LA REGIÓN

Brasil

- Programa Brasileiro de Etiquetagem 1993.
- Etiquetado obligatorio para 10 tipos de productos por INMETRO, en coordinación con fabricantes.
- Sello de certificación Procel desde 1993.
- Ley de Eficiencia Energética en 2001, por mandato del Gobierno.
- Normas de Desempeño Energético Mínimo (MEPS) para motores, lámparas fluorescentes compactas, refrigeradores, acondicionadores de aire, etc.

México

- Ley Federal de Metrología y Normalización en 1992.
- Primeras Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética en 1995.
- Alineación de normas de refrigeradores/ congeladores, acondicionadores y motores eléctricos con MEPS de EE.UU y Canadá.
- Sello de certificación FIDE desde 1995.
- Programas de capacitación, incentivos y de remplazo de equipos.
- Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía en 2008.
- Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía en 2009.

Colombia

- Programa CONOCE desde 2001.
- Elaboración de métodos de ensayo y normas de etiquetado para equipos como refrigeradores, congeladores, acondicionadores de aire, etc.
- El etiquetado es todavía voluntario.

Venezuela

- Métodos de ensayo y normas de etiquetado en 1996.
- Norma COVENIN 3235:1999 etiquetado obligatorio de refrigeradores y congeladores.
- Misión Revolución energética en 2006, comprende sustitución masiva de focos incandescentes, y elaboración de normas de eficiencia energética.

Perú

- Elaboración de métodos de ensayo para refrigeradores y congeladores, lámparas y balastos, motores eléctricos, etc. desde 1996.
- Etiquetados de eficiencias en equipos desde 2000.
- Normas de etiquetado voluntarias.
- MEPS para LFCs desde 2007.
- Decreto supremo para etiquetado obligatorio de equipos en 2007.

Argentina

- Programa de Calidad de Artefactos Energéticos para el Hogar, incluye normas de ensayo y etiquetados de 1996-1999.
- Etiquetado obligatorio para refrigeradores, congeladores, acondicionadores de aire, motores eléctricos, lavadoras en 2003.
- Prohibición de comercialización de focos incandescentes a partir de 2011.
- Normas de eficiencia energética para artefactos a gas.

Chile

- Programa Nacional de Uso Eficiente de la Energía en 1992.
- Etiqueta MEPS en 1999.
- Programa País Eficiencia Energética desde 2005.
- Etiqueta obligatorio para refrigeradores, congeladores, lámparas incandescentes y fluorescentes y motores eléctricos.
- Programa de MEPS en la actualidad.
- Programa de incentivos para la sustitución de motores eléctricos.

Uruguay

- Programa Nacional de Eficiencia Energética desde 2005 (cooperación Banco Mundial).
- Etiquetado obligatorio para artefactos eléctricos a gas.
- Sustitución de focos incandescentes.

2.3 CONSUMO ENERGÉTICO MUNDIAL Y EL MEDIO AMBIENTE

El sector eléctrico es uno de los grandes responsables del cambio climático, ya que una gran parte de la energía eléctrica generada a nivel mundial proviene de la utilización de recursos energéticos fósiles, también lo es el transporte y la industria.

2.3.1 LA CONVENCIÓN MARCO DE NACIONES UNIDAS UNFCCC Y EL PROTOCOLO DE KIOTO

La UNFCCC en 1992 durante la Segunda Cumbre Mundial de Desarrollo sostenible en Río de Janeiro, tiene como objetivo principal estabilizar las concentraciones de GEI en la atmósfera. Los países que se ratifican a esta Convención, se dividen en, países desarrollados, y en países en vías de desarrollo.

Cinco años más tarde el Protocolo de Kioto es llevado a cabo en la ciudad de Kioto en 1997 y tiene como objetivo reducir las emisiones de GEI causantes del calentamiento global, que son dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), procedentes en gran cantidad de los países industrializados, en un porcentaje de al menos el 5% dentro de los años 2008 a 2012, siendo la referencia las emisiones al año 1990. Establece compromisos más concretos que los de la UNFCCC.

Los mecanismos de flexibilidad por los cuales se logran mitigar las emisiones de GEI son:

- El comercio de derechos de emisiones CDE

Asigna un límite, es decir una cantidad máxima permitida de emisiones. En el caso que se exceda dicho límite, deberá comprar “derechos de emitir” a otro participante que no haya obtenido excedente ya que se mantuvo por debajo de su límite permitido.

- La implementación conjunta IC

Establece que un país industrializado puede invertir en proyectos para reducción de GEI en otro país industrializado. Estos proyectos deben ser aprobados por la Conferencia de las Partes del Protocolo de Kioto para obtener las certificaciones de reducción. Ambas partes se benefician, ya que

el inversor obtiene certificados a un precio menor respecto a su ámbito nacional, y el receptor de la inversión se beneficia de la inversión y tecnología extranjera.

- El mecanismo de desarrollo limpio MDL

Establece que los países industrializados o desarrollados pueden financiar proyectos de reducción de emisiones en países en desarrollo y recibir créditos por ello. Los fondos deben servir a los países en desarrollo a lograr mejoras económicas, sociales y ambientales, además de empezar a ofertar los Certificados de Emisiones Reducidas CERs. A pesar que el Protocolo de Kioto entró en vigencia en el 2005, el MDL ya se encontraba funcionando desde el 2002, por tanto, las transacciones realizadas antes de la vigencia del Tratado de Kioto son válidas.

Estos mecanismos han promovido el desarrollo de un mercado global de comercialización de créditos de carbono.

2.3.2 ECUADOR Y SU PARTICIPACIÓN EN EL MERCADO DEL CARBONO

Ecuador ofrece sus proyectos al MDL, donde para obtener una Certificación es necesario que el proyecto pase por varias etapas donde es evaluado y

aprobado por una Autoridad Nacional para el MDL (AN- MDL) que es el Ministerio del Ambiente. La AN- MDL disciplina el marco jurídico que reglamenta las transacciones de CERs y de los proyectos.

Ecuador está involucrado en el mercado de carbono, desarrollando proyectos para mitigar la emisión de GEI, el primer gran proyecto es el de uso de focos ahorradores de bajo consumo, en la actualidad hay decenas de proyectos MDL presentados, la mayoría de ellos son proyectos hidroeléctricos. Aunque las emisiones producidas en Ecuador no representan un porcentaje significativo de las emisiones globales en la atmósfera, existe el interés en lograr reducir las. Como para tener una idea de acuerdo con datos del banco mundial el Ecuador en el 2008 tuvo una emisión de 26.824 mil toneladas de CO₂ que representa apenas un 0,38% del total emitido por China [10].

Para Junio de 2011 se habían ya presentado 92 proyectos ante la AN- MDL, donde 25 de ellos se encuentran ya en proceso de obtener la aprobación, 33 están registrados ante la AN- MDL en espera de obtener carta de respaldo para luego ser aprobadas.

Tipo	Número de proyectos
Hidroeléctrica	40
Tratamiento de desechos	11
Agricultura	3
Forestación	10
Recuperación de gas	9
Energía Eólica	6
Geotérmica	3
Eficiencia Energética	9

Tabla 2.1 Proyectos registrados en el Ministerio del Ambiente [11]

En el año 2011 la producción total de energía fue de 18.430,27 GWh, distribuida de la siguiente manera:

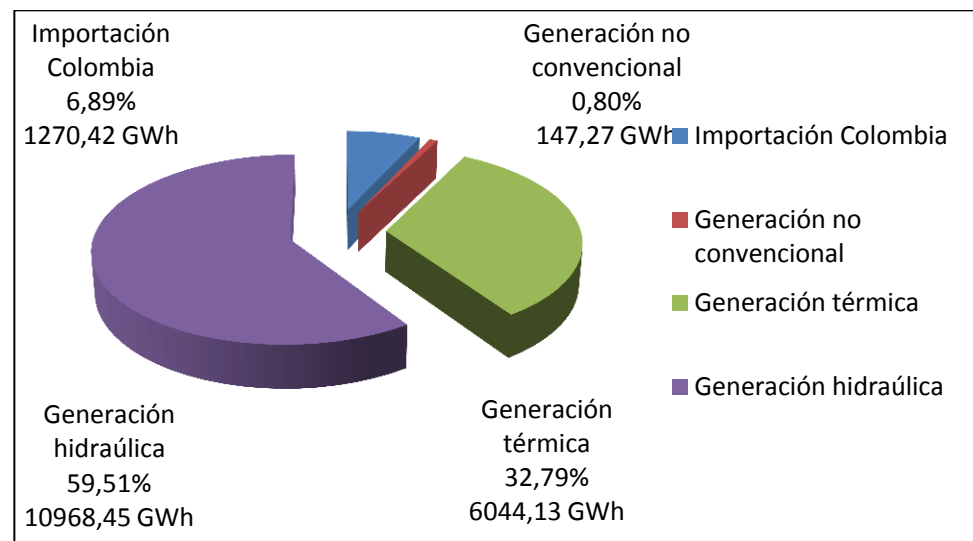


Figura 2.3 Composición de la producción total de energía neta % año 2011

2.4 EMISIONES DE CO2 DEL SECTOR COMERCIAL DE GUAYAQUIL

La ciudad de Guayaquil en el 2011 tuvo un consumo en el sector comercial de 949.940 MWh, a un precio medio de 7,57 USD ctvs./kWh. El factor de emisión de CO2 del Sistema Nacional Interconectado, SNI, al año 2011 para proyectos termoeléctricos e hidroeléctricos es 0,5669 tonCO2/MWh. El cálculo de las toneladas de CO2 emitidas a la atmósfera por consumo eléctrico del sector comercial de Guayaquil se realiza mediante la Ecuación 2.

$$tonCO_{2Sector\ Comercial\ Gquil} = MWh_{Gquil} \times EF_{grid,CM,y} \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde:

$tonCO_{2SectorComercialGquil}$ = Cantidad de CO2 emitidos a la atmosfera por el sector comercial de Guayaquil al año 2011 en tonCO2

MWh_{Gquil} = Consumo eléctrico del sector comercial de Guayaquil al año 2011 en MWh.

$EF_{grid,CM,y}$ = Factor de emisión de CO2 del sistema nacional interconectado al año 2011 en tonCO2/ MWh.

Reemplazando los datos del consumo del sector comercial de Guayaquil y el factor de emisión de CO₂:

$$\text{tonCO}_2_{\text{Sector Comercial Gquil}} = 949940 \text{ MWh} \times 0,5669 \text{ tonCO}_2/\text{MWh}$$

$$\text{tonCO}_2_{\text{Sector Comercial Gquil}} = 538520,986 \text{ tonCO}_2$$

La emisión de 538,52 mil toneladas de CO₂ por parte del sector comercial de la ciudad de Guayaquil representa el 15,72% del total de las emisiones de CO₂ del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DEL PROBLEMA

3 ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN USUARIO COMERCIAL

Para el análisis del problema y posterior análisis de resultados mostrados en este proyecto nos basamos en los locales encuestados situados dentro del Parque California situado en la Vía Daule.

3.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El parque comercial Parque California, divide su infraestructura por bloques, se alimenta de energía eléctrica desde la subestación "PARQUE

CALIFORNIA” de la EMPRESA ELECTRICA, de la cual se sirve de una alimentadora subterránea y se dirige hacia el cuarto de celdas, la alimentadora llega a la celda principal con cuchillas de corte visible, luego pasa a cuatro celdas donde se deriva la alimentadora hacia cuatro cuartos de transformadores, cada celda dispone de fusibles de protección para proteger a los transformadores de 13,8KV/220 V, luego de cada transformador se dirige a los tableros de medidores , donde existen medidores elster y medidores lon que miden el consumo de cada uno de los locales del parque comercial. Luego de los tableros de medidores se dirigen a los tableros de distribución que alimentan a los respectivos locales comerciales.

En este parque laboran varios tipos de tiendas comerciales las cuales, que para un mejor estudio, las agrupamos en cinco grupos:

- Grandes Tiendas.
- Ropa y Calzado.
- Tiendas de Electrodomésticos.
- Restaurantes.
- Locales Varios (librerías, farmacias, bazares).

El objetivo de esta clasificación es el de poder representar de una mejor manera el consumo de los distintos equipos que estos clientes poseen, para cada caso se subdivide en tres tipos de equipos consumidores de energía, que son:

- Iluminación.
- Compresores (acondicionadores de aire).
- Otros (computadoras, ventiladores, cortinas de aire, sistema de refrigeración).

3.1.2 USO DE LA ENERGÍA EN GRANDES TIENDAS

De acuerdo con los resultados obtenidos de las encuestas el consumo promedio de potencia y energía de estos locales está alrededor de los 35,12 kW y de los 421,4 kWh respectivamente para un día laborable, este consumo se concentra en el uso de los compresores del sistema de climatización y en otros equipos, tal como se muestra en la Figura 3.1, donde estos sistemas representan el 80% del consumo total de energía.

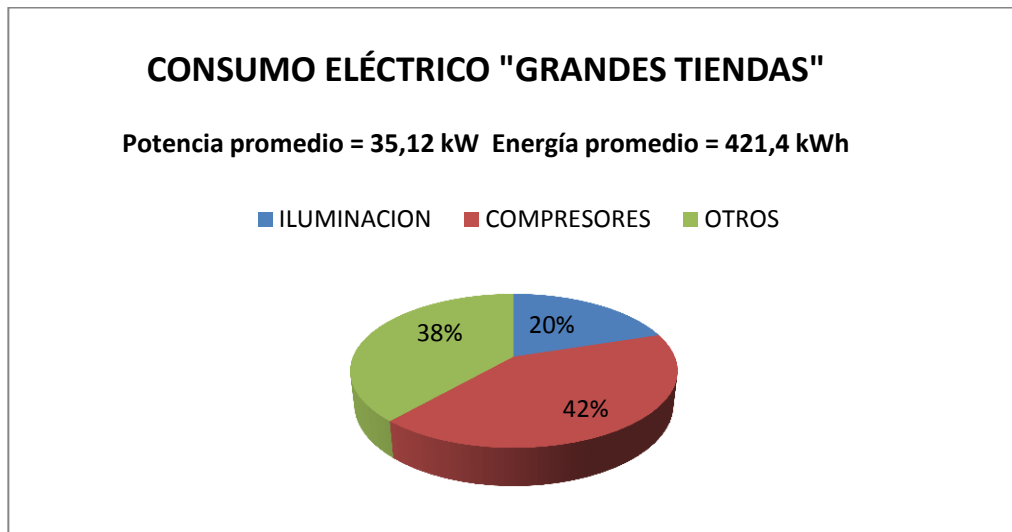


Figura 3.1 Distribución del uso de la energía eléctrica en Grandes Tiendas

3.1.2.1 ILUMINACIÓN

El consumo en iluminación para estos tipos de cliente representa el 20% del consumo total para estos tipos de cliente.

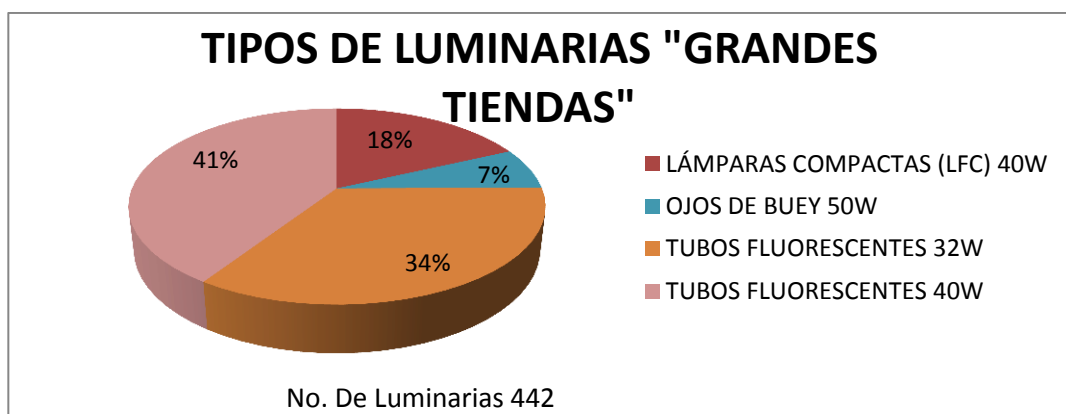


Figura 3.2 Tipos de luminarias utilizadas en Grandes Tiendas

Los datos de la encuesta muestran que los locales comerciales utilizan en su mayoría tubos fluorescentes, tal y como lo muestra en la Figura 3.2. En la mayoría de los locales de esta división no tenían un plan de mantenimiento en el sistema eléctrico y de alumbrado, por lo que presentaba una notable deficiencia lumínica.

En los locales encuestados no se aprovecha la luz natural y no tienen dispositivos de control automáticos que detecten cuando sea necesario estar encendidas las lámparas en ciertas áreas y así poder reducir el consumo innecesario de energía en ciertas horas.

3.1.2.2 COMPRESORES

Es un punto clave de consumo de energía eléctrica debido a que en estos lugares se tiene una gran concentración de personas, equipos e insumos que requieren de un sistema adecuado de climatización. El consumo del sistema de climatización se ve influido por diversos factores tales como el clima, la eficiencia de los equipos, la correcta ubicación del equipo de climatización, y las características constructivas del centro comercial.

El consumo de energía para la parte de climatización está representando el 42% del consumo total de energía, por lo tanto cualquier ahorro que se realice, representa una gran reducción en el consumo eléctrico y por consecuencia ahorro de dinero. Estos locales presentaban un sistema de climatización central y tienen una empresa dedicada al mantenimiento de todo el sistema de climatización.

3.1.2.3 OTROS

En esta categoría para este tipo de clientes están los equipos que no presentan un elevado consumo de energía pero que están encendidos toda la jornada laboral como por ejemplo: ventiladores, televisores, equipos de sonido, computadoras, parlantes, etc. Y equipos de refrigeración de alimentos. Representa el 38% del consumo total de energía en este tipo de locales.

3.1.3 USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN TIENDAS DE ROPA Y CALZADO

De acuerdo con los resultados obtenidos de las encuestas el consumo de potencia y energía de estos locales está alrededor de los 10,24 kW y de los 122,9 kWh respectivamente, este consumo se concentra en el uso del

sistema de acondicionamiento de aire, y en iluminación, tal y como se muestra en la Figura 3.3 donde estos sistemas representan el 81% del consumo total de la energía eléctrica.

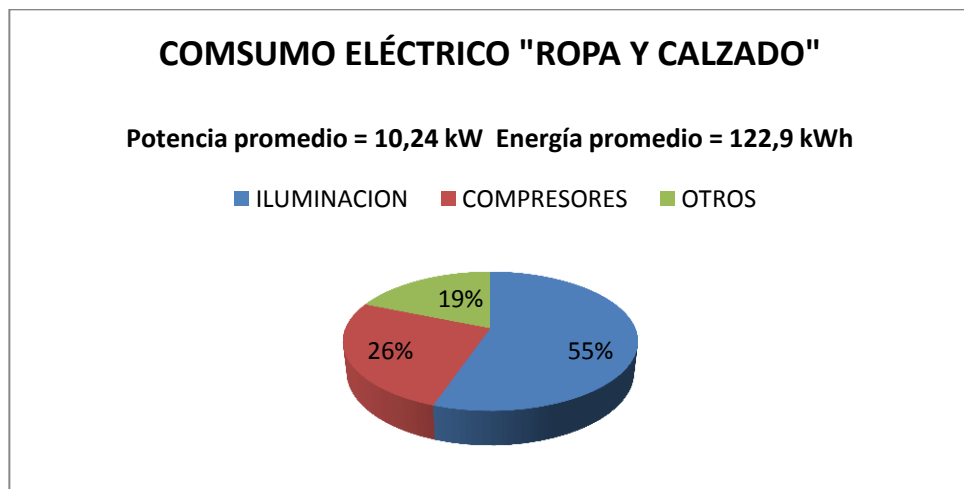


Figura 3.3 Distribución del uso de la energía eléctrica en Tiendas de Ropa y Calzado

3.1.3.1 ILUMINACIÓN

La iluminación representa un 55% del consumo total de energía eléctrica para este sector, es un punto clave ya que se trata de lugares donde constantemente se encuentran clientes solicitando atención.

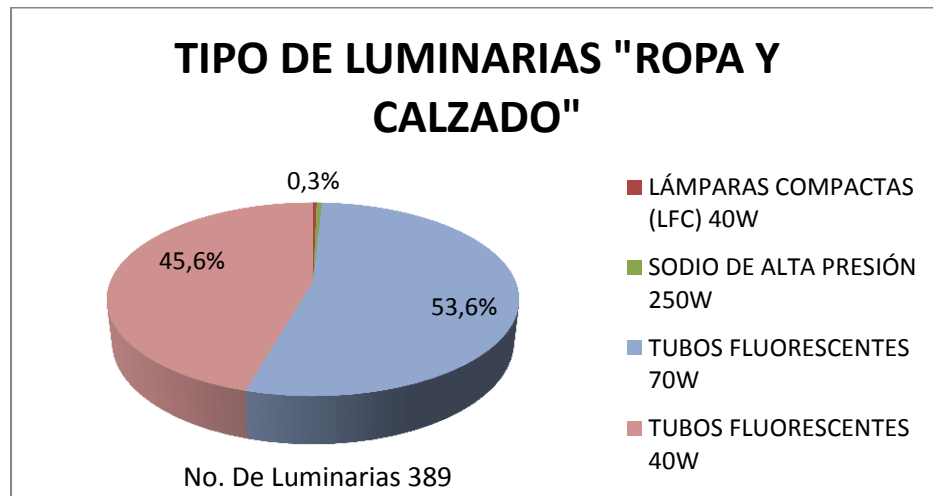


Figura 3.4 Tipos de luminarias utilizadas en Tiendas de Ropa y Calzado

Los datos de la encuesta muestran que los locales comerciales utilizan en su mayoría tubos fluorescentes, tal y como se muestra en la Figura 3.4, estas luminarias son de vieja tecnología y muchas utilizan balastos magnéticos.

En la mayoría de los locales de esta división no tenían un plan de mantenimiento en el sistema eléctrico y de alumbrado, la condición en la que se encontraban las lámparas evidenciaba un descuido y en su mayoría no tenían planificado corregir el problema, en muchos locales mantenían instalado tubos fluorescentes quemados lo que genera un desperdicio de energía debido al mal funcionamiento del balastro.

En los locales encuestados no se aprovecha la luz natural y no tienen dispositivos de control automático que detecten cuando sea necesario estar encendidas las lámparas en ciertas áreas y así poder reducir el consumo innecesario de energía en ciertas horas.

3.1.3.2 COMPRESORES

El sistema de acondicionamiento de aire representa un 26% del consumo total de energía eléctrica para este sector. La tecnología que utilizan para el sistema de acondicionamiento de aire son los compresores y evaporadores exteriores, en la mayoría de los locales encuestados manifestaron tener a una empresa dedicada al mantenimiento de los compresores, realizando revisiones semestrales o trimestrales. En ciertos locales comerciales tenían un uso combinado de acondicionamiento de aire con ventiladores para aumentar la sensación térmica y así disminuir el consumo del acondicionador de aire.

3.1.3.3 OTROS

Aquí se distingue el uso de computadoras, ventiladores, cortinas de aire, equipo de sonidos, lo que representa el 19% del consumo total de energía eléctrica para este sector.

Es importante mantener en buen estado los ventiladores, tener un correcto dimensionamiento de los conductores y mantenerlos en buen estado. Además de aplicar el uso de políticas e iniciativas, con el propósito de ahorrar energía.

3.1.4 USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN TIENDAS DE ELECTRODOMÉSTICOS

De acuerdo con los resultados obtenidos de las encuestas el consumo de potencia y energía de estos locales está alrededor de los 20,57 kW y de los 246,9 kWh respectivamente, este consumo se concentra en el uso de iluminación y en otros equipos, tal y como se muestra en la Figura 3.5 donde estos sistemas representan el 80% del consumo total de la energía eléctrica.

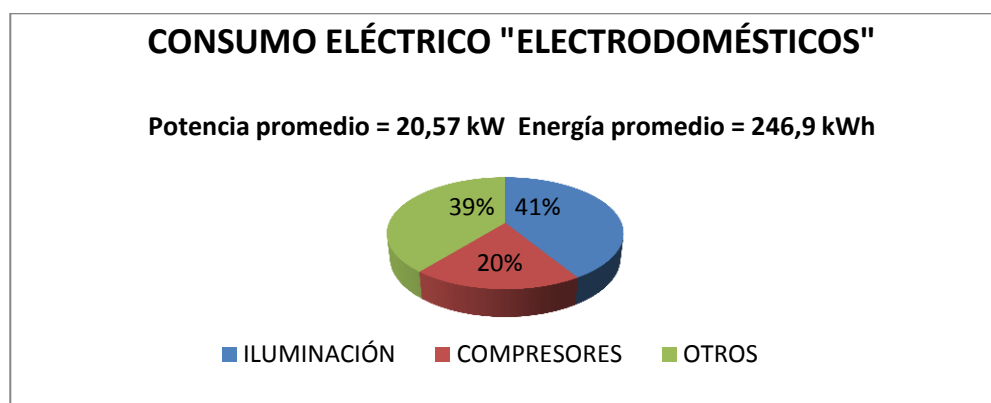


Figura 3.5 Distribución del uso de la energía eléctrica en Tiendas de Electrodomésticos

3.1.4.1 ILUMINACIÓN

La iluminación representa el 41% del consumo total de energía eléctrica para este sector.

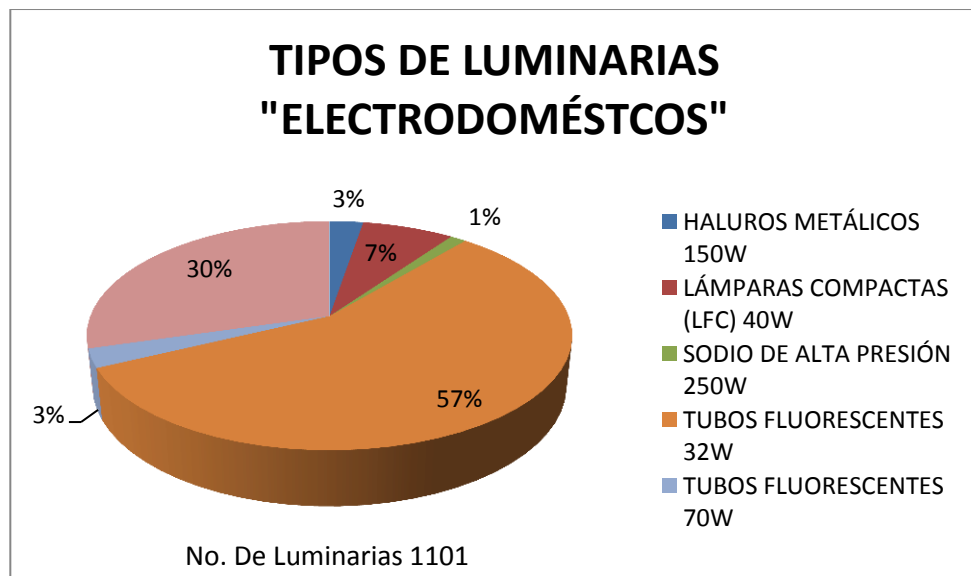


Figura 3.6 Tipos de luminarias utilizadas en Tiendas de Electrodomésticos

Los datos de la encuesta muestran que los locales comerciales utilizan en su mayoría tubos fluorescentes, tal y como se muestra en la Figura 3.6, estas luminarias son de vieja tecnología y muchas utilizan balastros magnéticos. En la mayoría de los locales de esta división sí tenían un plan de mantenimiento en el sistema eléctrico y de alumbrado, las lámparas

evidenciaban una correcta limpieza en los difusores, y en la mayoría de los locales no se mantenían tubos quemados en las lámparas.

En los locales encuestados no se aprovecha la luz natural y no tienen dispositivos de control automático que detecten cuando sea necesario estar encendidas las lámparas en ciertas áreas y así poder reducir el consumo innecesario de energía en ciertas horas.

3.1.4.2 COMPRESORES

El sistema de acondicionamiento de aire representa un 39% del consumo total de energía eléctrica para este sector. La tecnología que utilizan para el sistema de acondicionamiento de aire son los compresores y evaporadores exteriores, en la mayoría de los locales encuestados manifestaron tener a una empresa dedicada al mantenimiento de los compresores, realizando revisiones semestrales o trimestrales. En ciertos locales comerciales tenían un uso combinado de acondicionamiento de aire con ventiladores para aumentar la sensación térmica y así disminuir el consumo del acondicionador de aire.

3.1.4.3 OTROS

Aquí se distingue el consumo de los electrodomésticos en venta que se exhiben al público, los equipos en su mayoría son: computadoras, televisores LCD, televisores plasma, equipos de sonido, lavadoras, teatro en casa, reproductor DVD, y los equipos conectados de uso general como las cortinas de aire. El consumo de estos equipos representa el 20% del consumo total de energía eléctrica para este tipo de comercio.

Es importante mantener en buen estado los ventiladores, tener un correcto dimensionamiento de los conductores y mantenerlos en buen estado. Existen locales los cuales no tienen un plan de mantenimiento para el sistema eléctrico y de iluminación y presentaron problemas con respecto a la temperatura de los breakers, desbalance de carga y lámparas quemadas, el problema se evidencia en los locales pequeños que no disponen de matriz.

3.1.5 USO DE LA ENERGÍA EN LOCALES RESTAURANTES

De acuerdo con los resultados obtenidos de las encuestas el consumo de potencia y energía de estos locales está alrededor de los 8,8 kW y de los 105,6 kWh respectivamente, este consumo se concentra en el uso de otros

equipos eléctricos, como equipos de refrigeración (congeladores, refrigeradores, neveras, etc), tal como se muestra en la Figura 3.7.

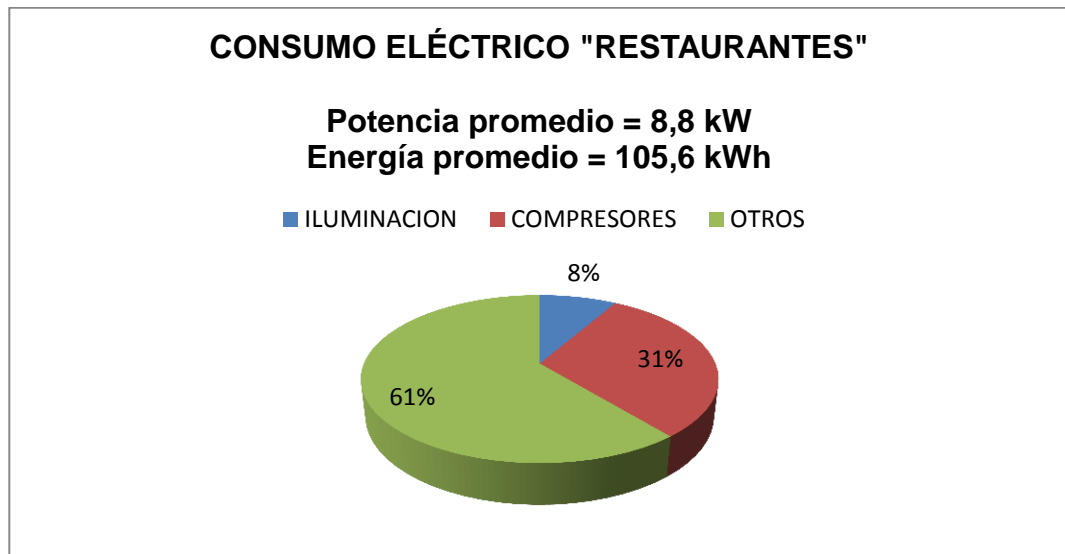


Figura 3.7 Consumo eléctrico de Restaurantes

3.1.5.1 ILUMINACIÓN

De las encuestas realizadas el consumo de energía eléctrica por concepto de iluminación representa el 8% del consumo total. En la Figura 3.8 se muestra el tipo de luminarias que usan estos locales.

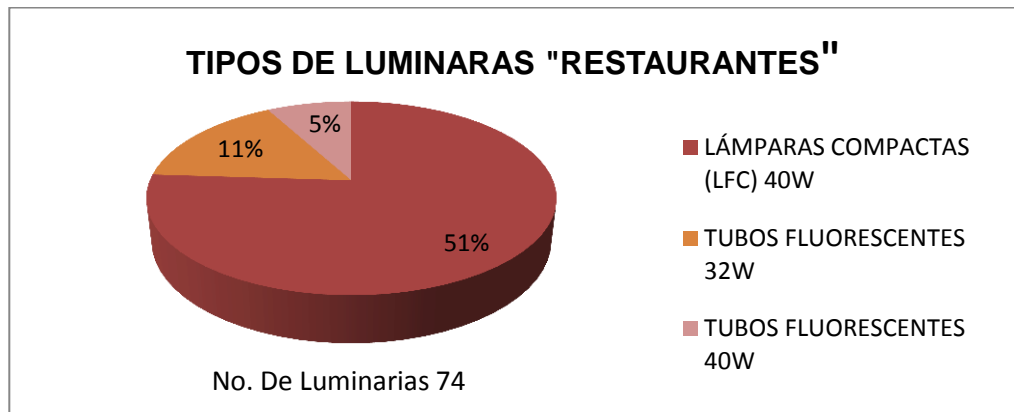


Figura 3.8 Tipos de luminarias utilizadas en Restaurantes

De la figura se puede apreciar que los restaurantes usan más las lámparas fluorescentes compactas (focos ahorradores) seguido de los tubos fluorescentes, los cuales la mayoría presentaban balastos electromagnéticos. Cabe indicar que en estos locales no tenían un plan de mantenimiento de las lámparas y focos, se observaron lámparas en mal estado y sin difusores.

3.1.5.2 COMPRESORES

El consumo de energía para la parte de climatización está representado con el 31% del consumo total de energía. Estos locales presentaban un sistema de climatización central. La gran mayoría de estos locales no tienen un plan de mantenimiento para los compresores y para los ductos de ventilación, al ser locales abiertos (las puertas permanecen abiertas) esto representa una

operación continua de los compresores, además la parte de la cocina no se encuentra aislada térmicamente del resto del local lo que representa una fuga térmica.

3.1.5.3 OTROS

Debido a que en estos locales, esta categoría es la que mayor consumo presenta, se ve la necesidad de desglosarlo en:

- Refrigeración

Puesto a que se refiere a todos los equipos de refrigeración de alimentos y bebidas que se encuentran en los restaurantes. Durante las encuestas se presenciaron una gran cantidad de refrigeradores y congeladores, además se percató que muchos de estos equipos eran viejos e ineficientes, por tanto las reducciones de consumo por refrigeración se logran utilizando sistemas eficientes que permitan ahorros, es decir modernizando equipos.

- Equipos de uso general

Consta de cafeteras, tostadoras, licuadoras, y demás electrodomésticos de uso en la cocina.

3.1.6 USO DE LA ENERGÍA EN LOCALES VARIOS

De acuerdo con los resultados obtenidos de las encuestas el consumo de potencia y energía de estos locales está alrededor de los 5,99 kW y de los 71,8kWh respectivamente, este consumo se concentra en el uso de iluminación, como se muestra en la Figura 3.9, donde esta representa el 65% del consumo total.

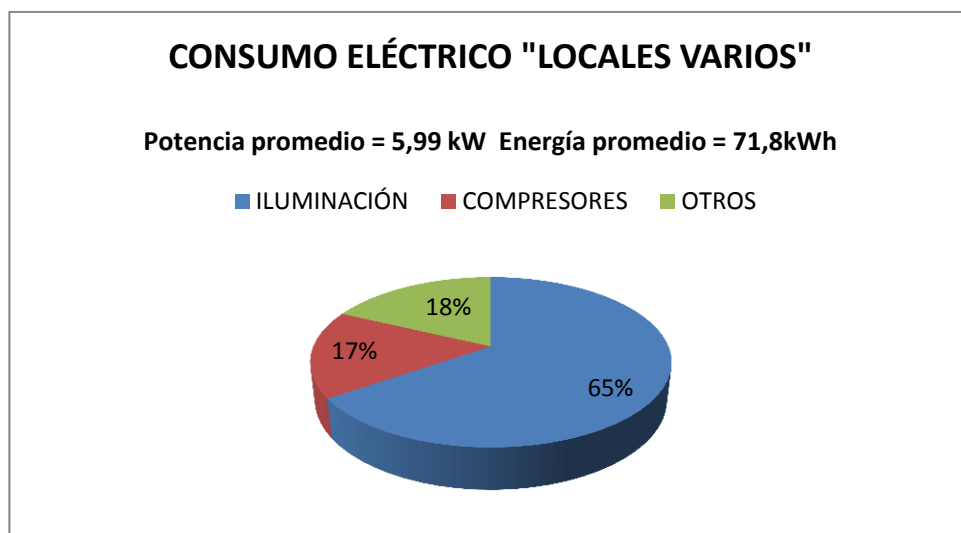


Figura 3.9 Consumo eléctrico de Locales Varios

3.1.6.1 ILUMINACIÓN

De las encuestas realizadas el consumo de energía eléctrica por concepto de iluminación representa el 65% del consumo total. De la Figura 3.10 se puede apreciar que los locales varios usan más los tubos fluorescentes estas

luminarias son de vieja tecnología y muchas utilizan balastos magnéticos. Estos locales no presentan un plan de mantenimiento de luminarias, además las lámparas se encontraban en mal estado y no tenían difusores.

En los locales encuestados no se aprovecha la luz natural y no tienen dispositivos de control que detecten cuando sea necesario estar encendidos en ciertas áreas y así poder reducir el consumo innecesario de energía en ciertas horas.

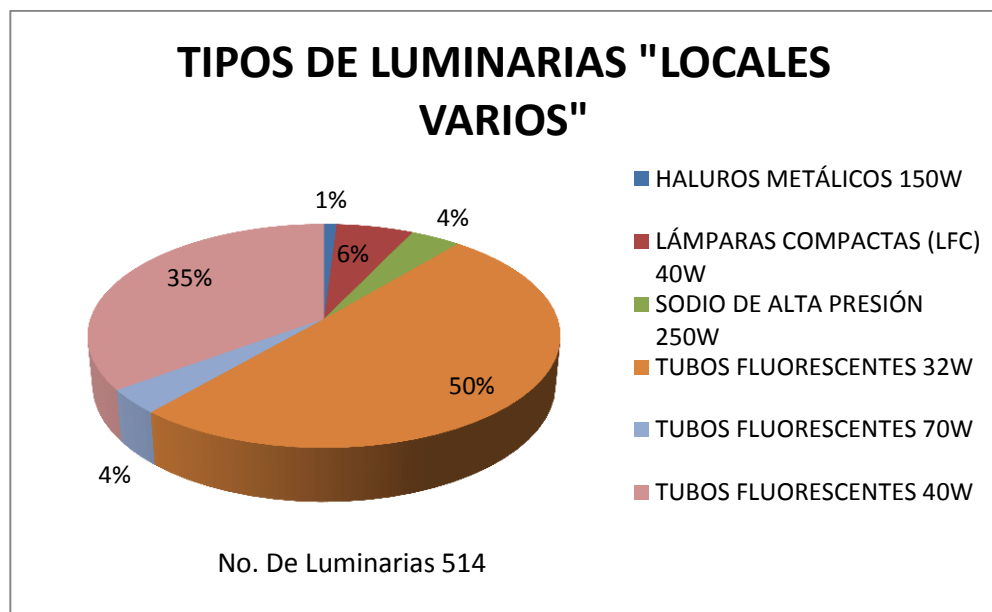


Figura 3.10 Tipos de luminarias utilizadas en Locales Varios

3.1.6.2 COMPRESORES

El consumo de energía para la parte de climatización está representado con el 17% del consumo total de energía. Estos locales presentaban un sistema de climatización central. Estos locales no tienen un plan de mantenimiento para los compresores y para los ductos de ventilación, al ser locales abiertos (las puertas permanecen abiertas) esto representa una operación continua de los compresores y por ende un desperdicio de energía.

3.1.6.3 OTROS

En esta categoría están los equipos que no presentan un elevado consumo de energía pero que están encendidos toda la jornada laboral como por ejemplo: ventiladores, televisores, equipos de sonido, computadoras, parlantes, etc. Representa el 18% del consumo total de energía en este tipo de locales.

3.2 MALAS PRÁCTICAS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Con los resultados de la encuesta se pudo identificar que de forma general se presentan los siguientes inconvenientes:

En iluminación:

- Se mantienen encendidas las lámparas durante horas de descanso del personal o periodos no productivos.
- Se mantienen encendidas las lámparas en las zonas de almacenes sin personal en el interior.
- Se sobre ilumina innecesariamente algunas áreas.
- Se encienden todas las lámparas para efectuar tareas de mantenimiento o limpieza en horarios no productivos.
- No se retiran las lámparas quemadas de las luminarias.
- No se retiran las lámparas defectuosas de las luminarias.

En Climatización:

- No se controla la operación durante horas de poca afluencia de personas.
- No se controlan infiltraciones a los ambientes acondicionados.
- Se ubican los equipos en zonas cercanas a fuentes de calor o expuestas al sol.

En otros equipos:

- No se controla la máxima demanda en horas pico.
- Se utilizan conductores con muchos años de antigüedad que presentan recalentamiento, pérdidas de aislamiento y por ende fugas de corriente.
- No se controla la calidad de la energía en la planta.
- Se mantienen equipos obsoletos que ocasionan gran consumo de energía.

CAPÍTULO IV

SOLUCIÓN ENERGÉTICA

Con los datos de las encuestas se identificaron los principales equipos de consumo que se tienen en el sector comercial, recordando la clasificación realizada para el estudio en iluminación, compresor y en otros, se determinó que existen fuentes de potencial ahorro de energía eléctrica, se procederá a proponer algunas alternativas de solución.

4.1 POLÍTICAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y APOYO AL SECTOR COMERCIAL

Se presenta algunas recomendaciones en el ambiente gubernamental para lograr reducir el consumo eléctrico del sector comercial, proponemos lo siguiente:

- Desarrollar Normas Técnicas de Eficiencia Energética y Etiquetado Obligatorias para todos los equipos utilizados en los diferentes comercios, tales como frigoríficos, congeladores, ventiladores, que en algunos locales son de fabricación artesanal.
- Crear un organismo técnico especializado en eficiencia energética, que otorgue certificados de reconocimiento de eficiencia energética.
- Prohibir la importación de equipos antiguos los cuales utilizan tecnologías antiguas y poco eficientes, y conjuntamente desarrollar programas de incentivos y renovación de equipos.
- Promover un programa de concientización sobre las necesidades de usar la energía correctamente dirigidos a propietarios y trabajadores.

Este tipo de medidas a excepción de la última pueden llevarse a cabo a mediano o largo plazo, ya que se necesita de una serie de etapas para que

puedan desarrollarse, y una de las principales barreras es el factor económico.

4.2 ADMINISTRACIÓN DE LA CARGA

La administración de la carga (DSM) por sus siglas en inglés, es un programa que permite a los clientes poder cambiar su consumo de electricidad durante los periodos pico y reducir el total del consumo de energía, logrando modificar su curva de carga. Los programas DSM se resumen en dos actividades, una de estas comprende los programas de respuesta de demanda o desplazamiento de carga, aunque sea solo una parte el desplazamiento y la otra actividad conocida como eficiencia energética y programas de conservación.

4.2.1 DESPLAZAMIENTO DE CARGA (DR)

El programa de respuesta de demanda (DR) transfiere la carga de los clientes durante los períodos de alta demanda a los períodos de baja demanda y así reducir la demanda de pico crítico. Cambiando el pico de demanda diario aplanando la curva de carga, permite que más electricidad pueda ser provista por una unidad de generación base menos costosa. Los programas DR tienen el potencial de ahorrar los costos de construcciones

adicionales para capacidad de generación para satisfacer picos críticos de demanda futuros.

En la Figura 4.1 se muestra las formas en la que las curvas de carga pueden modificarse bajo el programa DSM.

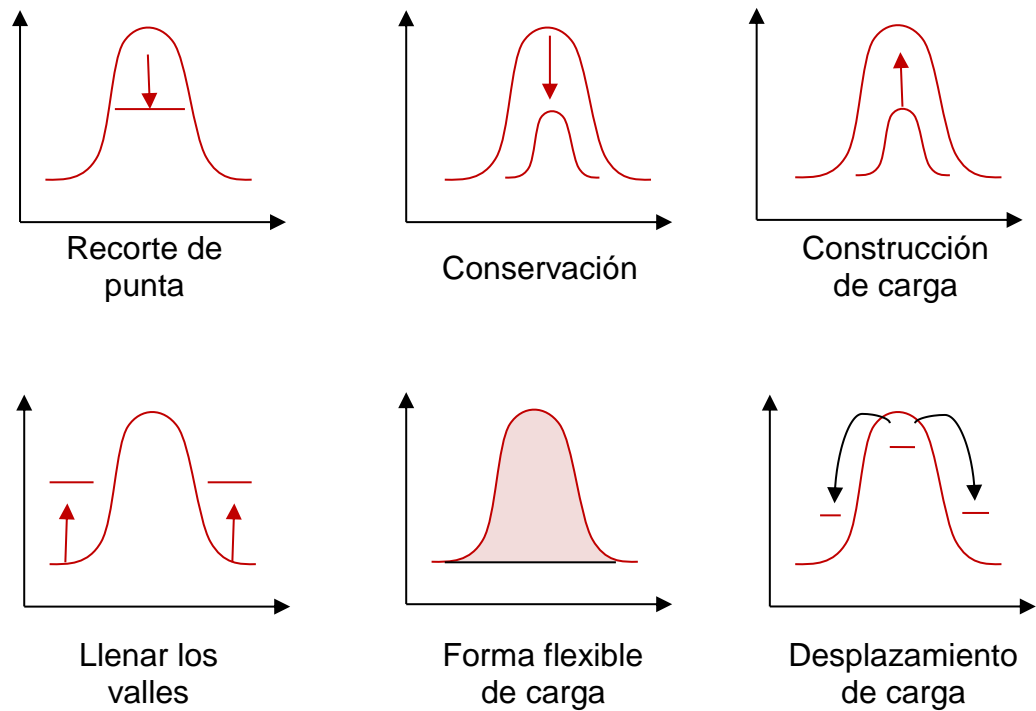


Figura 4.1 Formas de curva de demanda [12]

- Recorte de punta: Reducción de la carga principalmente en períodos de demanda pico.

- Llenar los valles: La mejora del factor de carga del sistema añadiendo carga en períodos fuera del pico.
- Desplazamiento de carga: La reducción de las cargas de la empresa de servicios públicos durante el período de demanda pico, mientras que al mismo tiempo se añade carga en períodos fuera del pico. El desplazamiento de la carga por lo general no altera sustancialmente la venta total de electricidad.
- Conservación: La reducción de las cargas de servicios públicos, más o menos por igual, en todos o casi todos las horas del día.
- Construcción de carga: El aumento de las cargas de servicios públicos, más o menos por igual, durante la mayor parte o todas las horas del día.
- Forma flexible de carga: Se refiere a los programas que se pueden configurar por la empresa de servicios públicos con el propósito de alterar el consumo de energía del cliente en base a las necesidades, como sin interrumpir el suministro o previo acuerdos de corte.

Estas modificaciones en la curva de carga de los consumidores no son tan sencillas de llevarse a cabo, ya que requieren la participación de las dos partes, la empresa ofreciendo incentivos y el propio cliente con la voluntad de reducir su consumo.

4.2.2 EFICIENCIA Y CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

Los programas de conservación de energía estimulan a los clientes a renunciar ciertos usos de energía en propósito de ahorrar dinero. Los programas de eficiencia energética permiten a los clientes utilizar menos energía mientras reciben el mismo nivel de servicio, es decir es usar la energía correctamente sin perder la calidad y el confort que obtenemos de ella, esto se logra con la implementación de ciertas medidas a nivel tecnológico y hábitos responsables, podrán ser aplicados a los consumidores finales o a los fabricantes.

4.2.3 VENTAJAS DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

- Disponibilidad de recursos energéticos

La energía es fundamental para el desarrollo de las actividades cotidianas, sin ella no se podría realizar ningún proceso. En Ecuador se utiliza principalmente los hidrocarburos fósiles para satisfacer los requerimientos energéticos, el sector transporte es el de mayor consumo energético a nivel nacional (61%), mientras que los sectores residencial, industrial, comercial, agro, etc. corresponde a pequeños porcentajes, por lo que se debe asegurar la disponibilidad de suministros energéticos que abastezcan el desarrollo de

estas actividades. Los programas de eficiencia energética permiten reducir el consumo de cierta cantidad de combustibles fósiles aplicados a la producción de energía eléctrica, los mismos que podrían ser aprovechados en alguna otra actividad energética.

- Reducir y/o aplazar inversiones en la expansión del sistema eléctrico

Con la creciente demanda de energía eléctrica, los componentes del sistema eléctrico se ven obligados a planificar expansiones para suplir las necesidades. Sin embargo, con un correcto programa DSM se puede reducir inversiones de corto plazo, y postergar grandes inversiones que contemplan una mayor expansión.

- Contribuir a reducir el impacto ambiental

La generación termoeléctrica contribuye significativamente a las emisiones de GEI, en la actualidad muchos de los motores de combustión interna que operan con diesel son de bajo rendimiento y factor de planta, lo que no sólo es un problema económico sino también ambiental. Se espera que estas unidades sean remplazadas por unidades más eficientes.

- Obtener beneficios por mitigar emisiones de GEI

De la generación total en el año 2011, el 59,51% corresponde a plantas hidroeléctricas y el 32,79% a termoeléctricas. Recordemos que no solo la generación a partir de combustibles genera GEI, ya que se produce metano

debido a la putrefacción anaeróbica de las plantas en las hidroeléctricas, por lo tanto son tangibles las oportunidades de reducir las emisiones de GEI y obtener beneficios internacionalmente [13].

- Otorga beneficios económicos directos a los consumidores

Los beneficios de utilizar nueva tecnología y adoptar una cultura de ahorro y conservación sin alterar la calidad de servicio ni perturbar las actividades que desarrollen son reflejados en las planillas de consumo eléctrico.

Estos cinco aspectos resumen la importancia de la eficiencia energética, y la aplicación de esta se traduce en beneficios para el país en lo económico y social, y para el medio ambiente.

4.3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA PARA REDUCIR EL CONSUMO DE PARQUE CALIFORNIA

Se propondrán diferentes vías para reducir el consumo de Parque California, empleando tecnologías eficientes y ciertos hábitos que contribuyan con el ahorro de energía. Primero se deben conocer los requerimientos que se exigen con respecto a los lux recomendados para una instalación comercial y los métodos de iluminación usados para estos establecimientos.

Con respecto a acondicionamiento de aire se debe tener presente la clasificación internacional que mide la eficiencia para un acondicionador de aire y las etiquetas energéticas correspondientes.

4.3.1 ILUMINACIÓN DE INTERIOR

La iluminación es un aspecto importante para el sector comercial puesto que una buena iluminación permite al comprador apreciar mejor el producto que se vende. Al momento de diseñar el sistema de iluminación de un local comercial se debe de considerar que se va a vender (producto final de venta al consumidor), donde se va a vender (local interior o local exterior) y considerar el perfil del local el cual viene dado por el nivel de los precios, estilo de venta (personal u impersonal), gama de artículos expuestos. Se debe cumplir con ciertos requerimientos lumínicos dados por normas internacionales para tener el nivel de confort adecuado para los clientes.

4.3.1.1 NORMATIVA DE NIVELES DE ALUMBRADO INTERIOR

A continuación se presenta, de acuerdo a norma internacional CONVENIN 2249 los lux recomendados para el sector comercial, de acuerdo a esta norma los niveles de lux por encima del valor "C" suponen un derroche de energía y que niveles por debajo del valor de "A", podrían significar un

desempeño visual menos eficiente. Los valores dados por “B” corresponden a la iluminancia media recomendada de acuerdo a los requisitos visuales de la tarea.

Área o actividad	ILUMINANCIA (LUX)			Tipo de iluminación
	A	B	C	
Vestidores	200	300	500	General
Cuartos de almacenaje	200	300	500	Local (área de la tarea)
Área de ventas	500	300	200	Local
Área exclusiva para circulación	100	200	300	Local
Comercialización	300	750	1000	Local
Exhibiciones	1000	3000	5000	Local

Tabla 4.1 Cuadro de lux recomendados de acuerdo a COVENIN 2249

De acuerdo a la norma ecuatoriana de construcción NEC-10 parte 9-1 en la sección 11.2 “Iluminación y tomacorrientes en locales comerciales e industriales” en el literal 11.2.2 establece los valores recomendados de lux que se muestran en la Tabla 4.2

Dependiendo del local se debe usar un tipo específico de iluminación, a continuación se muestran los varios tipos de iluminación.

Tipo de local	Nivel mínimo de iluminación recomendado
Áreas de trabajo	300 luxes
Áreas de circulación (pasillos, corredores, etc.)	50 luxes
Escaleras, escaleras mecánicas	100 luxes
Áreas de parqueaderos cubiertos	30 luxes

Tabla 4.2 Luxes recomendados de acuerdo a NEC-10

4.3.1.2 ILUMINACIÓN GENERAL

El alumbrado general ilumina de forma uniforme toda el área a iluminar. Es común ver este tipo de iluminación en comercios, se forma ubicando las luminarias como en la figura 4.3.

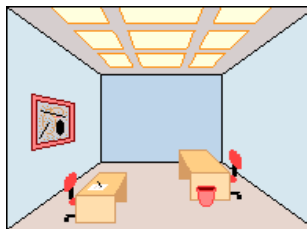


Figura 4.2 Ejemplo de iluminación general [14]

Este sistema presenta la ventaja de que la iluminación es independiente de los puestos de trabajo, por tanto la distribución se puede realizar de forma

más flexible. Mientras que presentan el inconveniente que la iluminancia media debe corresponder a los niveles más altos [14].

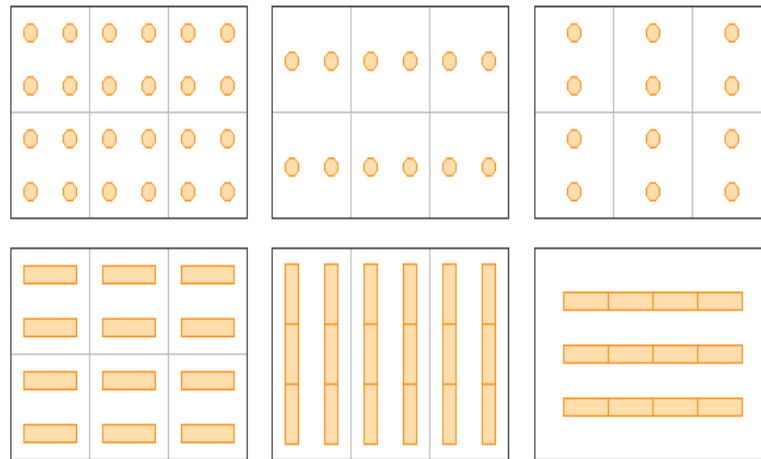


Figura 4.3 Distribución luminaria en iluminación general [14]

4.3.1.3 ILUMINACIÓN LOCALIZADA

Es la iluminación que se utiliza para estanterías, anaqueles, zonas de acceso o sobre las áreas de trabajo en donde se necesite de una iluminación localizada enfocando la luz donde haga para resaltar la mercadería expuesta o para desempeñar labores de oficina. Hay que tomar en cuenta que se puede producir un deslumbramiento molesto si existe una diferencia de luminancias entre el área de trabajo y la zona de paso. Otro inconveniente es que si se cambian de sitio con frecuencia los puestos de trabajo, entonces se tendría un conflicto por el arreglo de las luminarias.

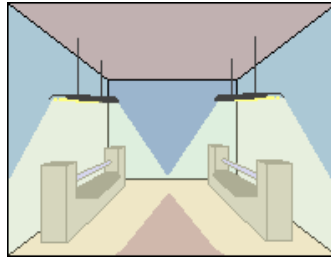


Figura 4.4 Alumbrado general localizado [14]

4.3.1.4 ILUMINACIÓN FLEXIBLE

Las lámparas de escritorio son un ejemplo en este tipo de iluminación, se aprovechan los tomacorrientes para conectar luminarias individuales y así completar los requerimientos lumínicos de ciertas tareas.

4.3.1.5 ILUMINACIÓN DE AMBIENTE

Proporciona una estética agradable y otorga confort.

4.3.1.6 ILUMINACIÓN DE ACENTO

Este tipo de iluminación se la usa para darle mayor enfoque al producto y así capturar la atención del cliente.

4.3.2 FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

El principio de funcionamiento de los sistemas de enfriamiento o de refrigeración se detalla en la Figura 4.5. Comúnmente se utiliza los sistemas de refrigeración por compresión de vapor. Básicamente se realiza la transferencia de calor entre el aire del ambiente a climatizar y el líquido refrigerante logrando evaporarlo, este fluido se mantiene a un nivel de presión el cual permite que la evaporación ocurra a una temperatura menor que la del ambiente a enfriar, logrando realizar la transferencia de calor aire caliente – líquido refrigerante.

Luego de esto el fluido usado como refrigerante que ahora se encuentra en la fase vapor, vuelve a la fase líquida expulsando calor realizando la transferencia de calor líquido refrigerante – medio ambiente, con lo que se completa el ciclo. El vapor del refrigerante para condensarse debe entregar calor al medio ambiente, por tanto debe tener una alta temperatura, debe ser superior a la del ambiente y por consiguiente muy superior de la etapa donde se evaporó. Para lograr esta temperatura de condensación se aumenta la presión del gas, se utiliza un compresor para elevar su presión y por consiguiente su temperatura y un elemento de control que realiza la caída de la presión del líquido para ser evaporado nuevamente.

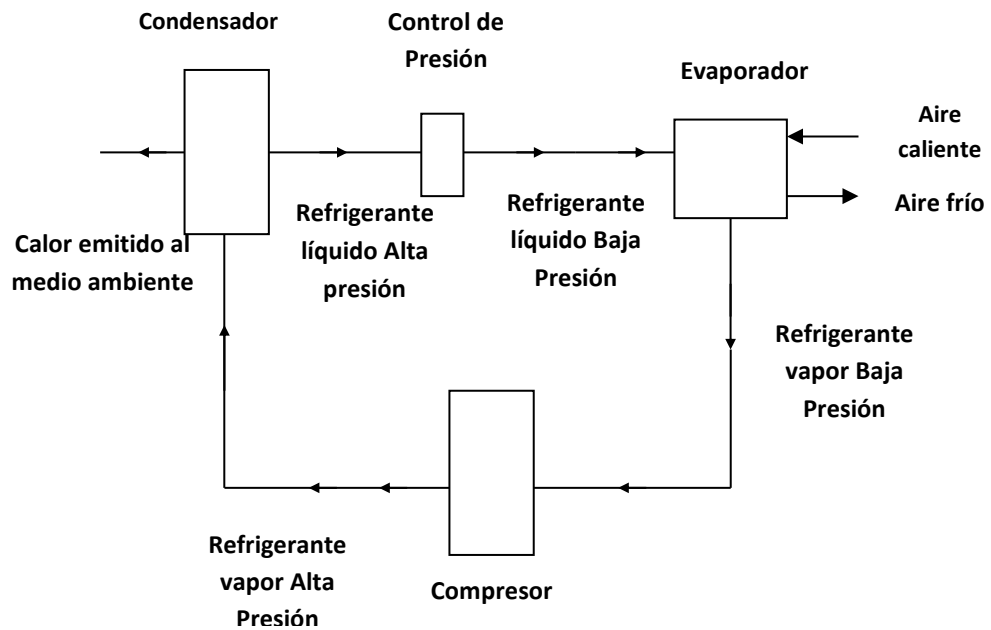


Figura 4.5 Diagrama de bloque de acondicionador de aire

Los otros elementos que constituyen el sistema de refrigeración son el evaporador, donde se produce la evaporación del líquido y la absorción de calor; y el condensador, donde se condensa el gas comprimido y caliente, disipando calor al medio ambiente (aire o agua).

4.3.3 ETIQUETA ENERGÉTICA

Actualmente todos los equipos eléctricos incluyendo luminarias, equipos de refrigeración, de climatización, etc. incorporan lo que se conoce como

Etiqueta Energética, con este concepto se conoce el consumo en relación al consumo medio de un aparato de similares características.

La etiqueta energética muestra una escala de colores y letras que va desde la clase G, mostrada en color rojo, que es la menos eficiente e indica que el aparato consume mucho más de la media, hasta la clase A, aunque ya existen etiquetas con clase A+ y A++, mostradas de color verde, que son las más eficientes.

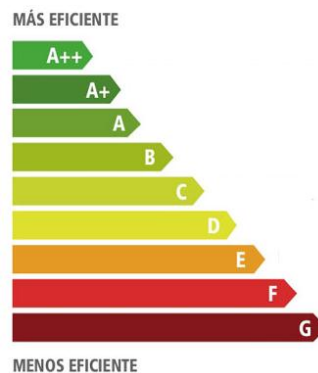


Figura 4.6 Etiqueta de eficiencia energética

4.3.4 CLASIFICACIÓN ERR Y CLASIFICACIÓN SERR

EER, Factor de eficiencia de energía y SEER, Factor de eficiencia de energía ambiental, estas siglas cuantifican la eficiencia de la unidad de

acondicionamiento de aire durante una temporada completa de enfriamiento en lugar de una condición de una sola operación. Cuanto más alto sea el número o rango, más eficiente es la unidad y más bajo el costo de operación.

4.3.4.1 FACTOR DE EFICIENCIA DE ENERGÍA (EER)

El factor de eficiencia de energía indica la capacidad de enfriamiento de los equipos (QB) en Btu/hr por vatio de consumo (W) en condiciones estándar de 35° C de acuerdo al Air Conditioning, and Refrigeration Institute (AHRI) [15].

$$EER=(QB, BTU/h) / W \text{ (Ecuación 3)}$$

Donde:

El calor absorbido en el evaporador (QB): La capacidad de refrigeración de un equipo está dada por el calor absorbido en el evaporador (QB).

4.3.4.2 FACTOR DE EFICIENCIA DE ENERGÍA AMBIENTAL (SEER)

El factor de eficiencia de energía ambiental fue establecido por el Departamento de Energía de los Estados Unidos. Es la producción de

energía de refrigeración durante su uso en un periodo de tiempo (BTU/h), dividido para la potencia de entrada en vatios durante el mismo periodo. Cuanto mayor sea el SEER más eficiente es la unidad. En enero de 2006, el Departamento de Energía aumentó el mínimo de eficiencia de 10,0 a 13,0 SEER.

$$\text{SEER} = (\text{BTU/h}) / \text{Watt-h} \text{ (Ecuación 4)}$$

El SEER toma en cuenta el consumo de energía y el calor absorbido en un periodo o estación de un año. En el SEER se mide el desempeño del equipo a 27°C de temperatura exterior.

A partir de los coeficientes de eficiencia energética se determina la etiqueta energética normalizada a continuación:

	Split & Multi	Compactos	Portátiles
A	EER>3,20	EER>3,00	EER>2,60
B	3,20≥EER>3,00	3,00≥EER>2,80	2,60≥EER>2,40
C	3,00≥EER>2,80	2,80≥EER>2,60	2,40≥EER>2,20
D	2,80≥EER>2,60	2,60≥EER>2,40	2,20≥EER>2,00
E	2,60≥EER>2,40	2,40≥EER>2,20	2,00≥EER>1,80
F	2,40≥EER>2,20	2,20≥EER>2,00	1,80≥EER>1,60
G	2,20≥EER	2,00≥EER	1,60≥EER

Figura 4.7 Etiqueta energética para acondicionadores de aire

También se tiene el coeficiente de operación (COP), este coeficiente nos da una idea de la eficiencia con que está operando el sistema de refrigeración.

$$\text{COP}(f) = a \times [T_2 / (T_2 - T_1)] \text{ (Ecuación 4)}$$

Donde:

T1= Temperatura del refrigerante amoníaco en el condensador.

T2= Temperatura del refrigerante amoníaco en el evaporador.

a = es un coeficiente por falta de condiciones ideales, (actividad) es decir, mide el alejamiento de las condiciones ideales. Este coeficiente y por experiencia, varía entre 0.4 en máquinas pequeñas a 0.65 en compresores de gran capacidad y potencia. Los equipos que podemos encontrar en el mercado tienen un COP de aproximadamente 3.

4.3.4.3 SELECCIÓN DEL SEER

Actualmente el requisito mínimo en los Estados Unidos es un SEER número 13. Lo que significa que es mucho más eficaz que las unidades más antiguas. En el mercado comúnmente existen clasificaciones de 13 a 15, con costos de operación más bajos, aunque existen unidades con SEER tan altas

como 21. Una característica especial de un aire de alta eficiencia, es que debe tener su ETIQUETA ENERGETICA, que indica los valores de consumo de energía. Un aire de alta eficiencia SEER puede ahorrarle en consumo energético hasta un 45% más que los otros aires tipo estándar, es por ello su diferencia de precio, pero a mediano y largo plazo comprobará su gran rendimiento que hace de su compra una buena elección.

4.3.5 LA CARGA DE ENFRIAMIENTO

Es necesario conocer la cantidad de calor que se debe extraer de un lugar para escoger un acondicionador de la capacidad correcta, esta cantidad neta de calor se llama carga de enfriamiento, seguiremos los métodos recomendados por la ASHRAE en Fundamentals Handbook 1985. Tomaremos en cuenta los principales componentes que contribuyen a la ganancia de calor del lugar que son:

- Conducción a través de estructuras exteriores: paredes, techo y vidrio.
- Conducción a través de divisiones internas: cielos rasos y pisos.
- Radiación solar a través de vidrios.
- Iluminación.
- Equipos.

- Personas.
- Infiltración del aire exterior a través de aberturas.

Contribución a ganancia de calor	Q_s	Q_l
Conducción a través de paredes, techo y vidrio	X	
Conducción a través de divisiones internas, cielos rasos y pisos	X	
Radiación solar a través de vidrios	X	
Iluminación	X	
Equipos	X	
Personas	X	X
Infiltración del aire exterior a través de aberturas	X	X

Tabla 4.3 Contribución del calor sensible (Q_s) y calor latente (Q_l)

Donde los tres primeros puntos corresponden a ganancias de calor externas al recinto, y tres siguientes a ganancias de calor interno. El calor sensible (Q_s) contribuye con el aumento de la temperatura del aire, mientras que el calor latente (Q_l) al aumento de la humedad.

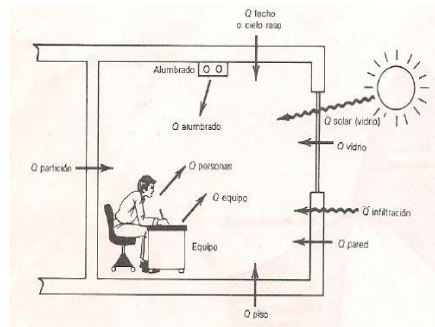


Figura 4.8 Componentes de ganancia de calor [16]

4.3.5.1 CONDUCCIÓN A TRAVÉS DE ESTRUCTURAS INTERNAS

$$Q = U \times A \times DTCE \text{ (Ecuación 5)}$$

Donde:

Q= Ganancia neta del recinto por conducción a través del techo, paredes o vidrio en BTU/h.

U= Coeficiente general de transferencia de calor para el techo, paredes o vidrios en BTU/h – ft²- °F.

A= Área del techo, pared o vidrios en ft².

DTCE = Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento en °F.

4.3.5.2 CONDUCCIÓN A TRAVÉS DE ESTRUCTURAS INTERIORES

$$Q = U \times A \times DT \text{ (Ecuación 6)}$$

Donde:

Q= Ganancia neta del recinto por conducción a través de la división, piso o cielo raso en BTU/h.

U=Coeficiente global de transferencia de calor para la división, piso o cielo raso BTU/h – ft²- °F.

A=Área de la división, piso o cielo raso ft².

DT=Diferencia de temperatura entre los espacios sin acondicionar y los acondicionados °F.

4.3.5.3 RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DE VIDRIOS

La energía radiante del sol a través de materiales transparentes se transforma en ganancia de calor. Su valor depende de la hora, la orientación, el sombreado.

$$Q = FGCS \times A \times CS \times FCE \text{ (Ecuación 7)}$$

Donde:

Q=Ganancia neta por radiación solar a través del vidrio en BTU/h.

FGCS=Factor de ganancia máxima de calor solar BTU/h – ft².

A=Área del vidrio ft².

CS= Coeficiente de sombreado.

FCE=Factor de carga de enfriamiento para el vidrio.

4.3.5.4 GANANCIA DE CALOR POR ILUMINACIÓN

$$Q = 3,4 \times W \times FB \times FCE \text{ (Ecuación 8)}$$

Donde:

Q=Ganancia neta de calor por iluminación en BTU/h

W=Capacidad de la iluminación en Watts

FB=Factor de balastro

FCE=Factor de carga de enfriamiento para iluminación

El valor 3,4 es para convertir de watts a BTU/h, el valor FB para iluminación fluorescente es generalmente 1,25 y el factor FCE toma en cuenta el almacenamiento de parte de la ganancia de calor por iluminación se asume 1.

4.3.5.5 GANANCIA DE CALOR DEBIDO A PERSONAS

La ganancia de calor debido a personas se compone de dos partes, el calor sensible y el calor latente que resulta de la transpiración.

$$Q_s = q_s \times n \times FCE \text{ (Ecuación 9)}$$

$$Q_l = q_l \times n \text{ (Ecuación 10)}$$

Donde:

Q_s y Q_l = Ganancia de calor sensible y latente

q_s y q_l =Ganancia de calor sensible y latente por persona

n =Número de personas

FCE =Factor de carga de enfriamiento para las personas

La velocidad de ganancia de calor debida a las personas depende de la actividad física que realicen.

4.3.5.6 GANANCIA DE CALOR POR OTROS EQUIPOS

Se calcula consultando datos de placa de los equipos.

4.3.6 ESTRATEGIAS DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOCALES COMERCIALES

Se tiene como objetivo la reducción del consumo eléctrico sin disminuir el confort del cliente lo que implica la necesidad de mejorar la eficiencia energética en los distintos establecimientos del sector comercial tanto en las

instalaciones como a nivel de uso y funcionamiento. Se va a desarrollar un análisis de las medidas de ahorro que se pueden tomar sin necesidad de tener un gasto de inversión considerable y también se van a analizar formas más productivas de tener mayor cantidad de energía ahorrada con su respectiva inversión.

4.3.6.1 ACCIONES PRÁCTICAS QUE NO REPRESENTAN FUERTES COSTOS DE INVERSIÓN

Estas acciones deberían ser tomadas desde la etapa de diseño del local, puesto que es en esa fase en donde se puede conseguir el mayor porcentaje de ahorro sin realizar una gran inversión de dinero.

- Iluminación

En iluminación una de las mejores formas de ahorrar energía eléctrica es mediante el uso y el aprovechamiento de la luz natural, aunque hay que tener cuidado con los problemas presentados por el deslumbramiento y de calentamiento. Es de recalcar que para obtener el máximo ahorro utilizando la luz natural es importante asegurar que la iluminación eléctrica se apaga cuando la luz natural suministra una iluminación adecuada. Por tanto se hace necesario el uso de sistemas de control apropiados. Para maximizar la luz

suministrada, resulta muy conveniente pintar las superficies de los locales de colores claros para tener un buen índice de reflexión. De manera general se puede citar algunas recomendaciones.

- Limpiar el polvo de las lámparas.
 - Pintar de color claro las paredes y techos de las áreas de producción y oficinas administrativas.
 - Utilizar la luz natural.
 - Controlar las horas de operación, en particular en horas picos.
 - Apagar las lámparas innecesarias y reducir al mínimo imprescindible la iluminación en exteriores.
 - No sobre ilumine áreas innecesariamente, para ello verifique los estándares de iluminación por áreas con un luxómetro.
 - Considerar colores claros de mobiliario en las oficinas.
 - Separe los circuitos de iluminación para que su control no dependa de un solo interruptor y se ilumine solo sectores necesarios.
-
- Acondicionador de Aire

La parte de climatización o acondicionamiento de un local comercial al igual que la iluminación se obtienen mayor ahorro si se realiza un buen diseño tanto arquitectónico como eléctrico. Además un sistema de climatización eficiente está relacionado con un eficiente sistema de iluminación puesto que las lámparas y luminarias al estar encendidas aumentan la temperatura del local. Una alternativa eficiente de climatizar un local es mediante la climatización natural. Este sistema de climatización genera una ventilación continua (renovación del aire) y no requiere tener el local cerrado. El funcionamiento de este sistema consiste en tomar aire exterior e impulsarlo al interior humidificado, en este proceso se reduce la temperatura del aire hasta 15°C con un mínimo consumo y se desplaza el calor interior por el aire fresco. Existen algunas recomendaciones que se puede seguir con el propósito de optimizar el uso del acondicionador de aire.

- Controlar la regulación (seteo) de la temperatura requerida por la carga a fin de evitar consumo innecesario de energía.
- Verificar que no existan infiltraciones en los ambientes climatizados, lo cual provocaría un mayor consumo de energía.
- Ubicar los equipos acondicionadores de aire en lugares frescos bajo sombra y ventilados.

- En ampliaciones o proyectos energéticos nuevos evitar el sobre dimensionamiento de los equipos de enfriamiento.
 - Verificar el estado del aislamiento de las tuberías y accesorios del sistema de climatización a fin de prevenir pérdidas de energía.
 - Asegúrese que el aire libre pueda circular alrededor del condensador, manténgalos lejos de las paredes y de los rayos solares directos.
- Sistema de refrigeración

Los equipos de refrigeración son sistemas generadores de frío destinados fundamentalmente a tareas de conservación de alimentos y creación de hielo. Su principio de operación es similar al de los equipos de aire acondicionado, pero en lugar de enfriar un espacio abierto, absorben el calor de una cámara en donde se encuentran los elementos que se requieran refrigerar. Los principales sistemas de refrigeración empleados en el sistema comercial son:

- Máquinas frigoríficas.
- Congeladores.

Estos equipos pueden llegar a suponer más del 30% del consumo energético en muchos establecimientos, puesto que operan usualmente 24 horas al día

y tienen vidas útiles de más de 10 años. Es por ello que incluso pequeños ahorros energéticos obtenidos del sistema pueden rentabilizarse rápidamente. La mejora de las condiciones de operación son medidas de bajo o nulo costo que alargan la vida útil de los equipos y no implican necesariamente ahorros despreciables. Con un buen mantenimiento se puede alcanzar hasta un 25% de reducción de los costos de operación. Este mantenimiento debe incluir:

- Des-escarchado de los serpentines del evaporador y limpieza del condensador.
- Realización de una inspección frecuente de cada uno de los componentes del sistema como compresor, motor, etc.
- Comprobación de la cantidad de gas en el circuito de refrigeración. Un buen aislamiento es requerido en los equipos de refrigeración, ya que la producción de frío es usualmente más cara que la de calor. Es necesario la revisión de:
 - Las puertas de las cámaras estén cerradas. Existen detectores que avisan cuando las puertas se quedan abiertas. Si no se desea realizar la inversión, unos carteles que recuerden que las puertas deben cerrarse siempre, pueden ser también útiles.

- Existen juntas para conseguir un cierre hermético de las puertas. Estas juntas deben revisarse periódicamente para comprobar su estado.
- Las cámaras frigoríficas deben estar lo más lejos posible de áreas calientes. De nada sirve una cámara muy potente si el ambiente que la rodea está demasiado caliente. Si esto no es posible, el espesor de aislamiento debe ser especialmente grande para que las pérdidas no sean excesivas.
- En el caso de que exista más de un equipo de refrigeración, la colocación proximal de uno con otro puede disminuir la superficie de contacto con el ambiente y reducir los consumos.

4.3.6.2 ACCIONES TOMADAS CON INVERSIÓN

Acciones que representan una inversión en cada uno de los sistemas a mejorar con el fin de poder ahorrar energía. Cabe recalcar que en esta situación el análisis económico es de suma importancia puesto que es necesario que el inversor sepa en cuánto tiempo va a recuperar su inversión. Estas acciones únicamente se las podrá realizar en aquellos locales que sean económicamente rentables.

4.3.6.2.1 ILUMINACIÓN

Con respecto a la iluminación existen varias alternativas para lograr un ahorro en el consumo de energía mejorando la eficiencia del sistema eléctrico, se tienen la tecnología led, los tubos fluorescentes de mayor eficiencia (T-5 y T-8), LFC. En la tabla 4.3 se muestra las especificaciones técnicas de las diferentes alternativas, que se le podrían dar al tubo fluorescente de 70 W que de acuerdo a las encuestas es el tubo de mayor presencia en los locales. Se consideraron las alternativas más eficientes del mercado.

Tipo de luminaria	Eficacia lm/w	Potencia (w)	Vida útil	Índice Cromático	Lúmenes
LED	49-85	3.7-80	50000	62-85	50-6400
LFC	60-69	13-42	8000	80-89	900-2800
Fluorescente T-5	86-105	14-54	35000	80	1106-4450
Fluorescente T-8	80-98	17-32	30000	85	1400-2850

Tabla 4.4 Características de luminarias eficientes [17] - [18]

- **LÁMPARAS FLUORESCENTES**

Las lámparas fluorescentes son lámparas de mercurio a baja presión, constan de una envoltura de vidrio, cubierta interiormente con compuestos de fósforo y de un cátodo en cada extremo para emitir electrones. Como su radiación es principalmente ultravioleta, esta energía es absorbida por una

capa de fósforo en el interior del tubo de vidrio y convertida a longitudes de onda visibles, transformando la energía radiante en radiación visible, cuyas longitudes de onda están determinadas por la composición del fósforo. Esta capa fluorescente determina su rendimiento y sus características de temperatura del color. Como la temperatura de la pared del bulbo depende de la temperatura ambiente, se afecta la emisión lumínica de la bombilla fluorescente y por tanto su eficacia, en razón a que la temperatura afecta la presión de vapor de mercurio y la variación de presión cambia la emisión lumínica de la bombilla. [19]

Con el mezclado adecuado de las sustancias fluorescentes, se puede obtener cualquier tono de color y por tanto se puede elegir el color de luz más apropiado de acuerdo con la zona a iluminar o la aplicación específica que se requiera. El electrodo de los tubos fluorescentes, consiste generalmente en un filamento con revestimiento de tungsteno. En la Figura 4.9 se presentan los componentes de los tubos fluorescentes. Para los tubos fluorescentes del mismo color y tipo, la clasificación de eficiencia es mayor para los tubos largos que para los tubos cortos, ya que la energía consumida en los electrodos es igual, cualquiera que sea la longitud del tubo. [19]

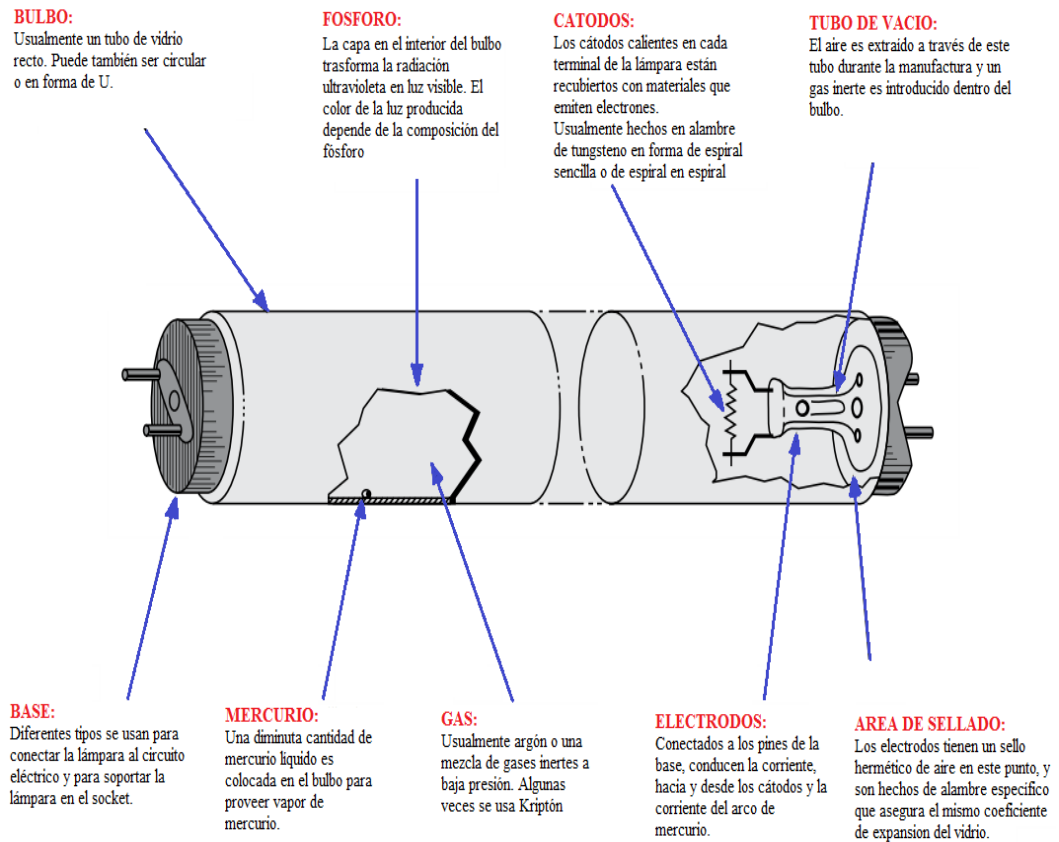


Figura 4.9 Componentes del tubo fluorescente [19]

- Riesgos a la salud de las lámparas fluorescente

La cantidad de mercurio presente en los tubos, puede provocar problemas si se llegase a romper y además presenta inconvenientes para ser reciclado, y la radiación ultravioleta también puede ser un riesgo para personas muy sensibles a los efectos de la radiación si la lámpara está en malas condiciones o es de baja calidad.

- **LÁMPARAS TUBULARES FLUORESCENTES**



Figura 4.10 Tubo fluorescente eficiente

El rendimiento de las lámparas fluorescentes aumenta adicionando una capa constituida por tri-fósforos, que hace posible la reducción del diámetro de tubo y consiguiendo aumentar su eficiencia.

Las ventajas de los tubos T-5 respecto a los tubos T-8 que se pueden obtener son:

Vida útil de 35000 horas para ciclos de encendido de 12 horas.

Mayor cantidad de lúmenes 2850 lm comparado con la T-8 de 2225 lm.

Menor diámetro del tubo 16 mm.

La depreciación es más lenta, lo que implica que aumenta su duración.

La reproducción del color es mayor al 85%.

Para los tubos fluorescentes T-5 y T-8 el flujo luminoso a lo largo de su tiempo de vida útil se mantiene como en la siguiente gráfica.

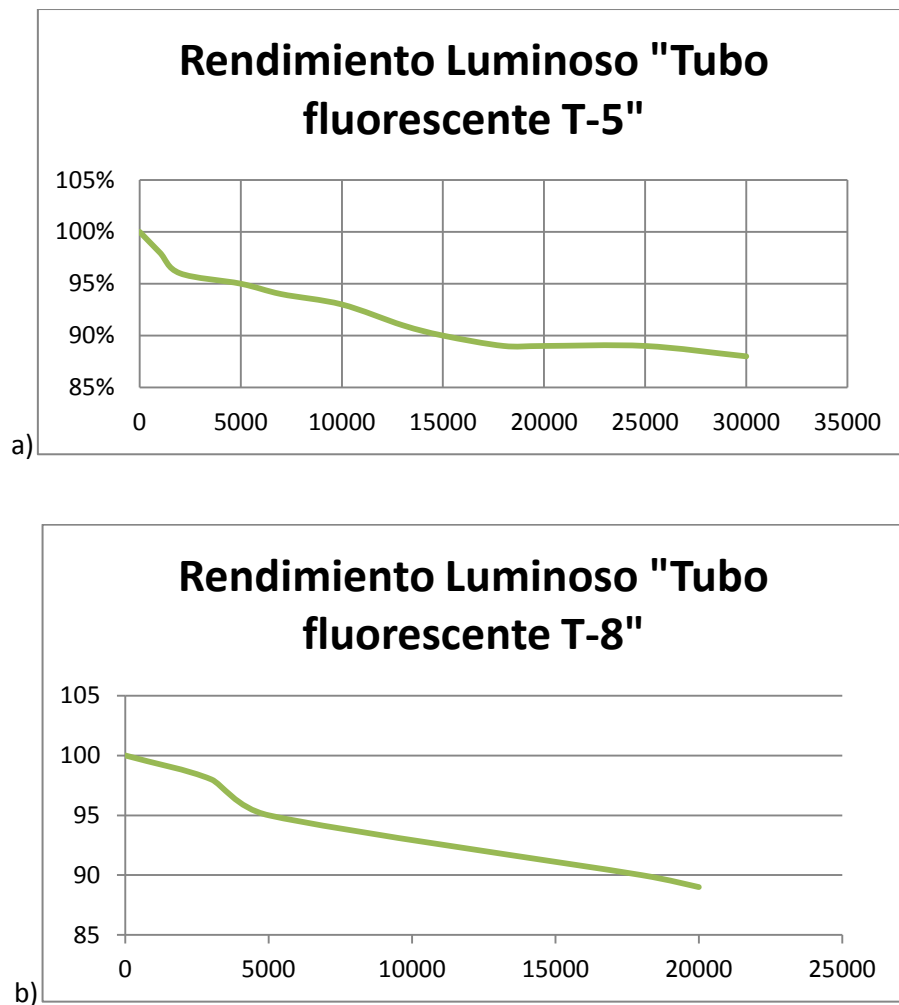


Figura 4.11 Rendimiento luminoso del tubo fluorescente a) T-5 b) T-8

- **LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS LFC**



Figura 4.12 Luminaria LFC

Estas lámparas se caracterizan por presentar un bajo consumo de energía debido a su funcionamiento, de ahí se las conoce como focos ahorradores.

En la Figura 4.15 se identifican las partes principales:

Casquillos con rosca: sirve para acoplar al foco en la boquilla convencional.

Base para balastro: es un compartimiento donde se sujeta el balastro electrónico.

Filamentos: producen el calor necesario para ionizar el gas inerte dentro del tubo fluorescente.

Tubo fluorescente: contiene el gas inerte que da la característica del color de la luz emitida.

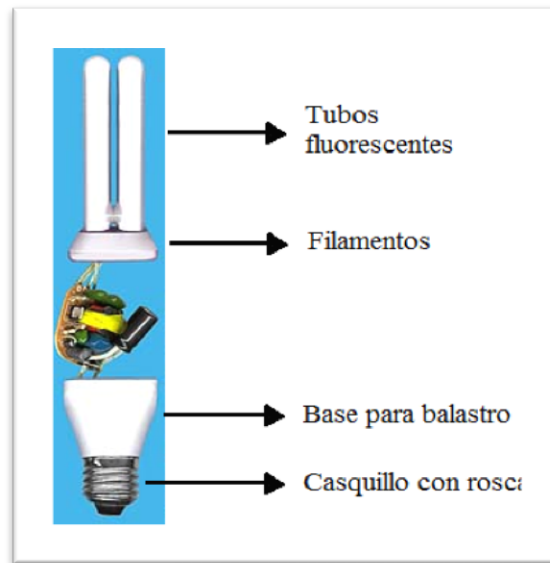


Figura 4.13 Partes de luminaria LFC

Al colocar la lámpara en el porta lámpara y accionar el interruptor de encendido, la corriente eléctrica fluye hacia el balastro electrónico, donde un rectificador de onda completa la convierte en corriente directa, luego un circuito oscilador que funciona como un amplificador de corriente, un transformador y un capacitor se encarga de originar una corriente alterna con una frecuencia entre los 20 MHz y los 60 MHz, que es lo que básicamente hace “ahorradores” a este tipo de lámparas.

Las ventajas de las lámparas fluorescentes compactas que se pueden obtener son:

Vida útil aproximada de 8000 horas.

Flujo luminoso entre 900 y 2800 lúmenes

Variedad de tamaño y potencia para distintas aplicaciones

La reproducción del color está entre 80 y 89 RA.

El flujo luminoso disminuye al 5% a las 500 horas de uso, y al 20% a las 2000 horas.

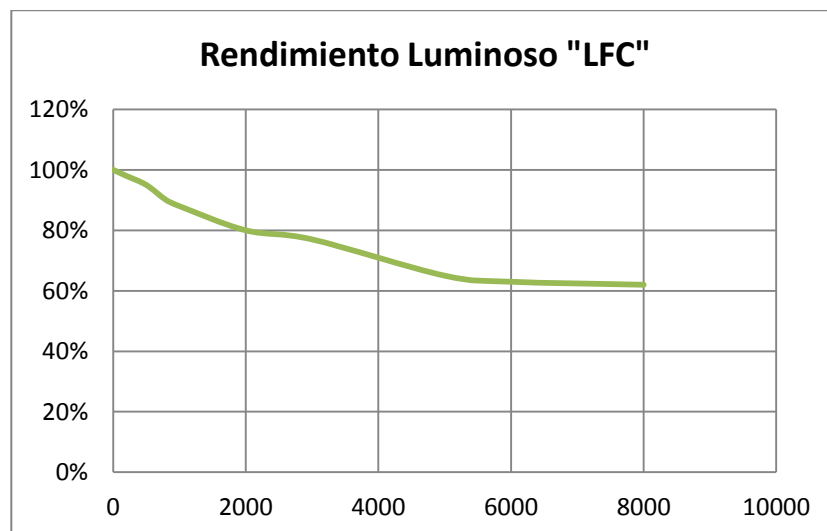


Figura 4.14 Rendimiento luminoso de luminarias LFC

- **LED**



Figura 4.15 Foco LED

A diferencia de los focos incandescentes los led no poseen un filamento de metal el cual al calentarse emite radiación lumínica, el principio de funcionamiento de los focos led es el efecto fotoeléctrico, algunos materiales, al ser sometidos a una corriente eléctrica emiten luz. La luz producida por el efecto fotoeléctrico tiene una frecuencia determinada (es de un solo color) la cual depende del tipo de material. Pero también se da el efecto contrario y es que cuando los paneles fotovoltaicos se exponen a la luz, producen electricidad. Dentro de la cubierta de plástico de un diodo led hay un material semiconductor que cuando se aplica una pequeña corriente eléctrica emite luz sin producir calor.

Las ventajas de las lámparas LED que se pueden obtener son:

Vida útil de 50000 horas

Flujo luminoso entre 50 y 6400 lúmenes

La reproducción del color está entre 62 y 85 RA

La eficacia está entre 49 y 85 lum/w

El flujo luminoso disminuye al 5% a las 1000 horas, 10% a las 10000 horas de uso y 30% a las 45000 horas.

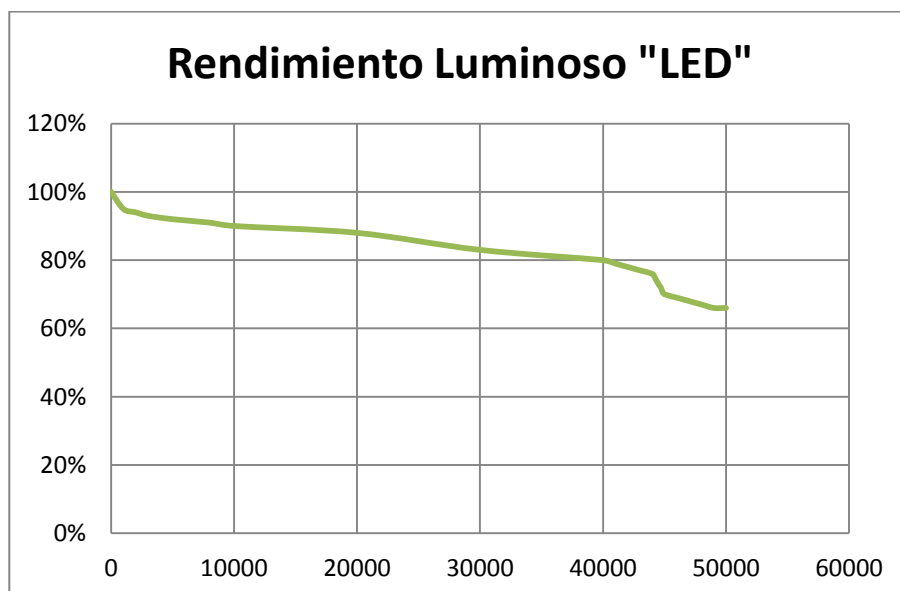


Figura 4.16 Rendimiento luminoso de foco LED

- **BALASTROS**

El balastro es el que dispone el consumo de corriente de la lámpara a sus parámetros óptimos. El balastro asociado a la lámpara o lámparas, deben proporcionar a éstas los parámetros de trabajo dentro de los límites de funcionamiento establecidos en las normas y con las menores pérdidas de energía posibles. Desde el punto de vista de la eficiencia energética, existen tres tipos de balastos con las siguientes pérdidas sobre la potencia de la lámpara, según el tipo de lámpara, número de lámparas asociadas al equipo y potencia de las mismas. [20]

- **BALASTROS ELECTRÓNICOS**

En función del tipo de encendido existen dos tipos de balastos electrónicos:
[20]

Con pre caldeo: Los filamentos que hay en los extremos de los tubos reciben una tensión de bajo voltaje durante un breve espacio de tiempo. Una vez caliente, se aplica un impulso de cebado de unos 500 voltios, con lo que el tubo arranca fácilmente y posteriormente se estabiliza. Este tipo de balastro electrónico es recomendable para locales con un número frecuente de encendidos, ya que se estima que la vida del tubo aumenta en un 50%.

Sin pre caldeo: Este balastro aplica directamente a los electrodos un pico de tensión de 1000 voltios, consiguiendo un encendido inmediato (0,1 seg). Este tipo de balastro sin pre caldeo es recomendable en aquellos locales dónde el número de encendidos y apagados diarios no sea superior a tres.



Figura 4.17 Balastro electrónico

Las ventajas del balastro electrónico son:

Incremento de la eficacia de la lámpara.

Incremento de la vida de las lámparas hasta del 50 por ciento, reduciendo los costes de mantenimiento.

Reducción de la temperatura de funcionamiento de la luminaria, facilitando que las lámparas no superen su temperatura óptima de funcionamiento.

Factor de potencia corregido a 1.

Desconexión de las lámparas defectuosas ó agotadas.

Protección del equipo eléctrico contra picos de tensión.

Mayor seguridad contra incendios al reducirse la temperatura del equipo y de la luminaria.

Posibilidad de conectarse a sensores de luz y ajustar en automático la intensidad de luz de la lámpara, y mantener un nivel de luz constante.

El conjunto de componentes que forman el equipo auxiliar deben cumplir, tanto individualmente como en conjunto, las normas, reglamentos, directivas, etc., que estén en vigor. En la actualidad debemos tener en consideración para los balastos electrónicos de alta frecuencia: [20]

Prescripciones de funcionamiento EN-60.929.

Prescripciones generales de seguridad EN-60.928.

Perturbaciones de los sistemas de alimentación. Armónicos EN-61.000-3-2.

Compatibilidad Electromagnética. Norma genérica de emisión. UNE-EN-50.081-1

Compatibilidad Electromagnética. Norma genérica de inmunidad UNE-EN-50.082-1.

Perturbaciones radioeléctricas de las lámparas fluorescentes y luminarias
UNE-EN 55.015.

Todo balasto debe tener marcado, además de las características eléctricas, el t_W (temperatura máxima de funcionamiento), t (incremento de temperatura), t_a (temperatura máxima de ambiente) y (factor de potencia).

4.3.6.2.2 ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

El consumo de los sistemas de acondicionamiento se puede reducir principalmente renovando los equipos que se encuentran instalados actualmente por equipos eficientes que a la vez son amigables con el medio ambiente, ya que la mayoría de los acondicionadores que poseen los comercios son de tecnología antigua. En los locales encuestados se utilizan sistemas de acondicionamiento tipo central que ha resultado ser muy eficiente por mucho tiempo, aunque hay excepciones donde no resultan los más adecuados, por ejemplo para cierto tipo de negocios, oficinas u hoteles, porque no se contempla una adecuada distribución del aire en los espacios a cargas parciales, tales como horarios de uso, presencia o ausencia de personal. Para este proyecto analizaremos sistemas centralizados ya que los lugares encuestados son lugares para ofertar productos o servicios. El sistema de acondicionamiento central utiliza conductos de ida y retorno distribuidos por todo el establecimiento, estos conductos van ocultos en

techo falso y el condensador se encuentra en el exterior. Aquellos con tecnologías actuales son mucho más eficientes y se caracterizan principalmente por tener alto índice SEER y utilizar refrigerante no contaminante.

- **ACONDICIONADORES EFICIENTES Y ECOLÓGICOS**

Los últimos equipos acondicionadores de aire son fabricados para funcionar con el refrigerante R410- A, de nombre comercial Puron® sustituyendo al tradicional R-22, es una mezcla azeotrópica de R-32 y R-125 en igual proporción, que son Hidrofluorcarbonos, no contienen cloro, por lo que no dañan la capa de ozono, aunque contribuye al impacto de efecto invernadero. Es un refrigerante muy seguro, clasificado por la ASHRAE como A1 del grupo L1, es decir no tóxico ni inflamable aún en caso de fugas. Ofrece eficiencias de energía superiores, según experiencias en laboratorios, puede alcanzar incrementos en el coeficiente de eficiencia energética de hasta 7% comparándolo con el R-22, ya que transfiere el calor de mejor que este, reduciendo los costos energéticos, compatible con los compresores Scroll que son los utilizados actualmente. Otro de los beneficios de este refrigerante es que permite reducir el tamaño de intercambiadores y el diámetro de tuberías por lo que el diseño es más compacto ahorrando espacio en el lugar de instalación.

Una pequeña desventaja es que no puede ser usado en equipos que trabajen con R-22, ya que el R410-A trabaja a presiones más altas y tiene características físicas y termodinámicas muy diferentes, por ejemplo, la relación entre el desplazamiento volumétrico del compresor y la potencia del motor es diferente para una misma capacidad comparada con la del R-22, en todo caso, se puede rediseñar el equipo para que opere con R410-A, teniendo en consideración los siguientes puntos:

- Aceite
- Para R-22 se usa aceite mineral MO, mientras que R140-A emplea aceite sintético Polioléster POE
- Relación desplazamiento volumétrico y potencia del compresor para una misma capacidad
- Una libra de R140-A absorbe la misma cantidad de calor que una de R-22, pero requiere para hacerlo un desplazamiento volumétrico hasta un 40% menor por HP de potencia nominal del motor.
- Presiones de operación
- El R140-A trabaja a presiones más altas por lo que requiere un diseño adecuado, con presiones de prueba más altas y diferentes dispositivos de seguridad interna.

4.3.6.2.3 OTROS

- **SISTEMA ELÉCTRICO**

Existen tableros viejos que están en condiciones muy deterioradas, presentando pérdidas por calentamiento y riesgo de producirse cortocircuitos o incendios. Existen cableados flojos lo que aumenta la pérdida de energía, interruptores defectuosos, empalmes cubiertos con cinta aislante en estado deteriorado lo que es un peligro inminente debido a que los conductores pueden separarse y provocar un incendio. En muchos casos se recomienda renovar el tablero y utilizar capuchones para los empalmes, incluyendo cambio de breakers que por el tiempo que llevan en funcionamiento están flojos, recordar que es mejor tener independientes los circuitos de alumbrado. Se debe tener un correcto dimensionamiento del tablero de breaker para evitar el congestionamiento de conductores teniendo un volumen libre de 25% de espacio libre de acuerdo a lo que impone la norma NEC-10.

- **SISTEMA DE REFRIGERACIÓN**

En los supermercados se debe de refrigerar los productos frescos y congelados, también las cámaras frigoríficas donde se almacenan estos productos antes de ponerlos en venta. El cambio de algunas piezas del sistema de refrigeración existente puede mejorar significativamente el

rendimiento global de la instalación. Los ahorros varían entre un 1 y un 20 %, dependiendo de la tecnología empleada. A continuación se detalla una serie de equipos que pueden mejorar la eficiencia de los equipos. [21]

- Existen ventiladores de alta eficiencia para el evaporador y condensador que necesitan menos energía para operar y generan menos calor, por lo que reducen la carga a refrigerar. El ahorro potencial de energía se estima entre el 3 y 15 %.
- También hay sistemas de compresión de alta eficiencia que permiten ahorros entre el 6 y el 16 %, dependiendo del equipo de refrigeración empleado.
- Los amplificadores de presión de la línea líquida son pequeñas bombas de refrigeración situadas después del condensador, que aumentan la presión del refrigerante líquido antes de entrar a la válvula de expansión. Este aumento de presión proporciona un sub-enfriamiento del refrigerante, mejorando la eficiencia del sistema. Pueden ahorrar hasta un 20 %.
- Una iluminación eficiente como lámparas fluorescentes tipo T-8 o balastos electrónicos, pueden reducir el consumo eléctrico y la carga de refrigeración en el compresor. Los ahorros pueden llegar hasta el 10%. Ahorros adicionales pueden conseguirse mediante la instalación de controles de iluminación, que apagan las luces cuando no se utilizan.

- La escarcha que se produce en las paredes de cámaras frigoríficas, congeladores, etc. Disminuye la transferencia de calor y aumenta considerablemente el consumo energético. Los sistemas eficientes anti-escarcha mejoran el ciclo de des-escarchado, identificando la caída de temperatura o presión del evaporador o midiendo la acumulación de escarcha y detectando la humedad.

Estos sistemas son más eficientes que los que inician el des-escarchado siguiendo ciclos programados. Los ahorros varían entre el 1 y 6 %, así lo indican los fabricantes de estos sistemas.

4.4 PROPUESTA PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

De acuerdo con los resultados de la encuesta se determina que existe un alto consumo de energía eléctrica en el sistema de alumbrado representando un total de 38% del total de demanda para todos los subtipos de tiendas comerciales analizadas. En muchos casos existen luminarias de hasta 110 w de consumo, se propone sustituir las luminarias por alternativas más eficientes las cuales se procederá a calcular las ventajas eléctricas y económicas del reemplazo.

El 26% del consumo total se da en el sistema de acondicionamiento de aire se propone el reemplazo por un acondicionador de aire más eficiente de clasificación SEER 13, además de una propuesta por incluir paneles solares al sistema eléctrico, se va a realizar un análisis de rentabilidad para determinar la viabilidad del reemplazo.

4.4.1 REEMPLAZO POR LUMINARIAS EFICIENTES

Para este análisis se tomó un local para cada subtipo de tienda. Se realizó el cálculo del número de lámparas a ubicar en el local comercial de acuerdo con el método de los lúmenes. Se utilizó la norma ecuatoriana de la Tabla 4.2 para establecer los lux recomendados, estableciendo 300 lux como requerimiento de diseño para cada alternativa. Para el cálculo se utilizó las medidas del local resumidas en la Tabla 4.5.

En la Tabla 4.6 se muestran las características técnicas de las luminarias propuestas, con su valor en el mercado, para cálculos posteriores se utilizará el valor del kWh promedio en el sector comercial a nivel nacional de 0,0785 USD/kWh.

Tipo de local	Ropa & Calzado	Electrodoméstico	Grandes Tiendas	Restaurantes	Locales Varios
Dimensiones del local (metros)					
Ancho	6	18	18	6	6
Longitud	22,4	22,4	22,4	12,5	22,4
Dimensiones del local (metros)					
Altura de local	5	5	5	5	5
Altura marginal	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Altura óptima	3,32	3,32	3,32	3,32	3,32
Coeficiente de Reflexión					
Techo	50%	50%	50%	50%	50%
Paredes	30%	30%	30%	30%	30%

Tabla 4.5 Dimensiones de locales

	Lúmenes	Vida Útil (Horas)	Potencia (W)	Costo Unitario (USD)	Lux requeridos
Tubo fluorescente T-8	3100	30000	32	1,59	300
Tubo fluorescente T-5	2200	35000	28	1,47	300
LFC	2772	8000	42	7,95	300
LED	750	50000	6	24,76	300

Tabla 4.6 Características técnicas de las luminarias

4.4.1.2 MÉTODO DE LOS LÚMENES PARA EL CÁLCULO DE NÚMERO DE LUMINARIAS DE UN LOCAL

Este es un método práctico y sencillo para calcular el nivel de iluminación media de una instalación con un error del 5%. Para calcular el número de lámparas, se procede de la siguiente manera:

4.4.1.2.1 DATOS DEL LOCAL

- Se analizan las dimensiones del local: ancho, longitud, altura.
- Se fija la altura del plano de trabajo.
- Se determina el nivel de iluminancia para el local, fijado por la norma ecuatoriana NEC-10.
- Se identifica el tipo de luminaria a utilizar.
- Se determina la altura a la que se va a colocar la luminaria, en este caso se calcula la altura mediante la fórmula:

$$h = \frac{4}{5} * (H - h') \text{ (Ecuación 11)}$$

Donde:

H= Altura del local.

h'= Altura del plano de trabajo.

- Se calcula el coeficiente de utilización, que es la relación entre el flujo luminoso recibido por un cuerpo y el flujo emitido por la fuente luminosa (dato proporcionado por el fabricante de la luminaria). Para esto se calcula el índice K y se estiman los coeficientes de reflexión del local.

- Cálculo del índice K

Se lo realiza mediante la siguiente fórmula:

$$k = \frac{a*b}{h*(a+b)} \text{ (Ecuación 12)}$$

Donde:

a= Ancho del local.

b= Longitud del local.

h= Altura óptima del local.

- Índices de reflexión de paredes y techos: Estos datos varían para cada tipo de material.

Con estos dos datos nos referimos a tablas donde se puede obtener el coeficiente de utilización.

- Se estima el factor de mantenimiento C_m , que hace referencia a la influencia que tiene el flujo que emiten las lámparas el grado de limpieza de la luminaria, dependerá por consiguiente, del grado de suciedad ambiental.

Ambiente	Coficiente de mantenimiento (C_m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Figura 4.18 Factor de mantenimiento

- Con los datos obtenidos se procede a calcular el flujo total

$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m} \text{ (Ecuación 13)}$$

E_m = nivel de iluminación medio (en lux).

Φ_t = Flujo luminoso que necesita el local en estudio (en lumen).

S = Área a iluminar (en m²).

C_m = Coeficiente de mantenimiento,

C_u = Coeficiente de utilización.

- Cálculo del número de luminarias

$$NL = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L} \text{ (Ecuación 14)}$$

Donde:

NL = Número de luminarias.

Φ_t = Flujo luminoso necesario del local.

Φ_L = Flujo luminoso de una lámpara (valor dado por un catálogo)

4.4.1.2.2 CÁLCULO DE LUMINARIAS PARA UN LOCAL

Se detalla a manera de ejemplo demostrativo el cálculo del número de luminarias para un local de ropa y calzado.

Tipo de local	Ropa & Calzado
Dimensiones del local	
Ancho	6
Longitud	22,4
Altura de local	5
Altura marginal	0,85
Altura óptima	3,32
Coeficiente de reflexión	
Techo	50%
Paredes	30%

Tabla 4.7 Dimensiones de local Ropa y Calzado

Se requiere que el local tenga una iluminancia media de 300 lux .Se va a utilizar las lámparas fluorescentes T-5, que emite un flujo luminoso de 2200 lúmenes.

$$\text{Altura óptima} = 4/5 \times (5 - 0,85) = 3,32 \text{ metros.}$$

Se calcula el índice K:

$$K = \frac{a \times b}{h(a+b)}$$

$$K = \frac{6 \times 22,4}{3,32 \times (6 + 22,4)} = 1,425$$

Con los coeficientes de reflexión de techo de 50% y de paredes de 30%, nos referimos a las tablas para obtener el coeficiente de utilización.



Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.60	.56	.52	.60	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

Figura 4.19 Tabla del factor de utilización

De la Figura 4.25 observamos que con los datos obtenemos un coeficiente de utilización de 0,33.

Estimamos el factor de mantenimiento en 0,80.

Calculamos el flujo total:

$$\Phi_t = E_x S / (F_m \times C_u)$$

$$\Phi_t = 300 \times (6 \times 22,4) / (0,33 \times 0,8)$$

$$\Phi_t = 152727,273$$

Con el flujo total calculamos el número de lámparas necesarias para el local.

$$NL = \Phi_t / \Phi_L$$

$$NL = 152727,273 / 2200 = 70 \text{ tubos fluorescentes T-5.}$$

4.4.1.3 ROPA Y CALZADO

Se consideraron cuatro alternativas de luminarias a reemplazar todas cumplen con los lux requeridos y de acuerdo a la Tabla 4.4 tienen un índice cromático mayor a 80. Una vez obtenido el número de lámparas y con el propósito de realizar el análisis de rentabilidad se calculó el costo total de inversión que representa la adquisición de las luminarias eficientes, es importante tener en cuenta la vida útil de cada luminaria, los resultados obtenidos se los presenta en la Tabla 4.8.

	Número de lámparas	Costo Unitario (USD)	Costo total (USD)
Tubo fluorescente T-8	50	1,59	79,5
Tubo fluorescente T-5	70	1,47	102,9
LFC	55	7,95	437,25
LED	204	24,76	5051,04

Tabla 4.8 Costos de las luminarias Ropa y Calzado

Para cada alternativa se determinó la disminución en el consumo de potencia para conocer la tecnología más eficiente en cuanto a consumo y se calculó el valor de energía a pagar por consumo de una hora. En la Tabla 4.9 se muestran los resultados obtenidos. Se aprecia que con las lámparas led se obtiene la mayor disminución tanto monetaria como en potencia pero son las que mayor costo unitario presentan, en el capítulo 5 se presenta el análisis costo-beneficio para cada tipo de luminaria.

	Potencia instalada del local en iluminación (W)	Potencia Total de las luminarias (W)	Ahorro de Potencia (W)	Valor a pagar por energía en iluminación sin cambio de luminarias (ctvs.)	Valor a pagar por energía en iluminación con cambio de luminarias (ctvs.)	Ahorro en dólares a pagar en iluminación (ctvs.)
Tubo fluorescente T-8	3360	1600	1760	24,84	11,84	13,0
Tubo fluorescente T-5	3360	1960	1400	24,84	14,504	10,336
LFC	3360	2310	1050	24,84	17,094	7,746
LED	3360	1224	2136	24,84	9,058	15,782

Tabla 4.9 Disminución en potencia y dólares con las luminarias eficientes

4.4.1.4 ELECTRODOMÉSTICO

Se obtiene el número de lámparas y se calcula el costo total de inversión que representa la adquisición de las luminarias eficientes, los resultados obtenidos se los presenta en la Tabla 4.10.

	Número de lámparas	Costo Unitario (USD)	Costo total (USD)
Tubo fluorescente T-8	148	1,59	235,32
Tubo fluorescente T-5	208	1,47	305,76
LFC	202	7,95	1605,9
LED	611	24,76	15128,36

Tabla 4.10 Costos de las luminarias Electrodomésticos

Para cada alternativa se determinó la disminución en el consumo de potencia para conocer la tecnología más eficiente en cuanto a consumo y se calculó el valor de energía a pagar por consumo de una hora. En la Tabla 4.11 se muestran los resultados obtenidos. Se puede apreciar que con las lámparas led se obtiene la mayor disminución tanto monetaria como en potencia pero son las que mayor costo unitario presentan, en el capítulo 5 se presenta el análisis costo-beneficio para cada tipo de luminaria.

	Potencia instalada del local en iluminación (W)	Potencia Total de las luminarias (W)	Ahorro de Potencia (W)	Valor a pagar por energía en iluminación sin cambio de luminarias (ctvs.)	Valor a pagar por energía en iluminación con cambio de luminarias (ctvs.)	Ahorro en dólares a pagar por iluminación (ctvs.)
Tubo fluorescente T-8	19244	4736	14508	151,065	37,177	113,887
Tubo fluorescente T-5	19244	5824	13420	151,065	45,718	105,347
LFC	19244	8484	10760	151,065	66,599	84,466
LED	19244	3666	15578	151,065	28,778	122,287

Tabla 4.11 Disminución en potencia y dólares con las luminarias eficientes

4.4.1.5 LOCALES VARIOS

Se obtiene el número de lámparas y se calcula el costo total de inversión que representa la adquisición de las luminarias eficientes, los resultados obtenidos se los presenta en la Tabla 4.12.

	Número de lámparas	Costo Unitario (USD)	Costo total (USD)
Tubo fluorescente T-8	50	1,59	79,5
Tubo fluorescente T-5	70	1,47	102,9
LFC	55	7,95	437,25
LED	204	24,76	5051,04

Tabla 4.12 Costos de las luminarias Locales Varios

	Potencia instalada del local en iluminación (W)	Potencia Total de las luminarias (W)	Ahorro en Potencia (W)	Valor a pagar por energía en iluminación sin cambio de luminarias (ctvs.)	Valor a pagar por energía en iluminación con cambio de luminarias (ctvs.)	Ahorro en dólares a pagar por iluminación (ctvs.)
Tubo fluorescente T-8	5432	1600	3832	42,641	12,56	30,081
Tubo fluorescente T-5	5432	1960	3472	42,641	15,386	27,255
LFC	5432	2310	3122	42,641	18,1335	24,507
LED	5432	1224	4208	42,641	9,6084	33,032

Tabla 4.13 Disminución en potencia y dólares con las luminarias eficientes

Para cada alternativa se determinó la disminución en el consumo de potencia para conocer la tecnología más eficiente en cuanto a consumo y se calculó el valor de energía a pagar por consumo de una hora. En la Tabla 4.13 se muestran los resultados obtenidos. Se puede apreciar que con las lámparas led se obtiene la mayor disminución tanto monetaria como en potencia pero son las que mayor costo unitario presentan, en el capítulo 5 se presenta el análisis costo-beneficio para cada tipo de luminaria.

4.4.1.6 RESTAURANTES

Se obtiene el número de lámparas y se calcula el costo total de inversión que representa la adquisición de las luminarias eficientes, los resultados obtenidos se los presenta en la Tabla 4.14.

	Número de lámparas	Costo Unitario (USD)	Costo total (USD)
Tubo fluorescente T-8	27	1,59	42,93
Tubo fluorescente T-5	39	1,47	57,33
LFC	31	7,95	246,45
LED	114	24,76	2822,64

Tabla 4.14 Costos de las luminarias Restaurantes

	Potencia instalada del local en iluminación (W)	Potencia Total de las luminarias (W)	Ahorro en Potencia (W)	Valor a pagar por energía en iluminación sin cambio de luminarias (ctvs.)	Valor a pagar por energía en iluminación con cambio de luminarias (ctvs.)	Ahorro en dólares a pagar por iluminación (ctvs.)
Tubo fluorescente T-8	960	864	96	7,536	6,782	0,754
Tubo fluorescente T-5	960	1092	-132*	7,536	8,572	-1,036*
LFC	960	1302	-342*	7,536	10,220	-2,684*
LED	960	684	276	7,536	5,369	2,166

Tabla 4.15 Disminución en potencia y dólares con las luminarias eficientes

*Los valores negativos expresan que con los cambios propuestos se consume más potencia y por consiguiente no se ahorra ni en energía ni en dólares.

Para cada alternativa se determinó la disminución en el consumo de potencia para conocer la tecnología más eficiente en cuanto a consumo y se calculó el valor de energía a pagar por consumo de una hora. En la Tabla 4.15 se muestran los resultados obtenidos. Se puede apreciar que con las lámparas led se obtiene la mayor disminución tanto monetaria como en potencia pero son las que mayor costo unitario presentan, en el capítulo 5 se presenta el análisis costo-beneficio para los tipos de luminaria T-8 y LED debido a que con el análisis previo podemos decir que no se justifica el uso de las otras alternativas.

4.4.1.7 GRANDES TIENDAS

Se obtiene el número de lámparas y se calcula el costo total de inversión que representa la adquisición de las luminarias eficientes, los resultados obtenidos se los presenta en la Tabla 4.16.

	Número de lámparas	Costo Unitario (USD)	Costo total (USD)
Tubo fluorescente T-8	148	1,59	235,32
Tubo fluorescente T-5	208	1,47	305,76
LFC	202	7,95	1605,9
LED	611	24,76	15128,36

Tabla 4.16 Costos de las luminarias Grandes tiendas

Para cada alternativa se determinó la disminución en el consumo de potencia para conocer la tecnología más eficiente en cuanto a consumo y se calculó el valor de energía a pagar por consumo de una hora. En la Tabla 4.17 se muestran los resultados obtenidos. Se puede apreciar que con las lámparas led se obtiene la mayor disminución tanto monetaria como en potencia pero son las que mayor costo unitario presentan, en el capítulo 5 se presenta el análisis costo-beneficio para cada tipo de luminaria.

	Potencia instalada del local en iluminación (W)	Potencia Total de las luminarias (W)	Ahorro en Potencia (W)	Valor a pagar por energía en iluminación sin cambio de luminarias (ctvs.)	Valor a pagar por energía en iluminación con cambio de luminarias (ctvs.)	Ahorro en dólares a pagar por iluminación (ctvs.)
Tubo fluorescente T-8	9184	4736	4448	72,094	37,177	34,916
Tubo fluorescente T-5	9184	5824	3360	72,094	45,718	26,376
LFC	9184	8484	700	72,094	66,599	5,495
LED	9184	3666	5518	72,094	28,778	43,316

Tabla 4.17 Disminución en potencia y dólares con las luminarias eficientes

4.4.2 ENERGÍA ALTERNATIVA

Otra alternativa que ayudaría a la disminución del consumo de energía eléctrica es el uso de paneles solares fotovoltaicos, los cuales aportarían a la generación de energía eléctrica para el consumo del local.



Figura 4.20 Módulo fotovoltaico

4.4.2.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE PANEL SOLAR

La energía se genera por la captación de la radiación solar por el panel fotovoltaico. La conversión fotovoltaica se basa en el efecto fotoeléctrico, es decir, en la conversión de energía lumínica en energía eléctrica. Por medio de unos dispositivos llamados células solares se produce esta conversión de energía, éstos están constituidos por materiales semiconductores. Las baterías se cargan de la energía que produce el sistema generador fotovoltaico.

El regulador es un elemento importante que permite proteger las baterías, alargando su vida útil al evitar sobre cargas y sobre descargas.

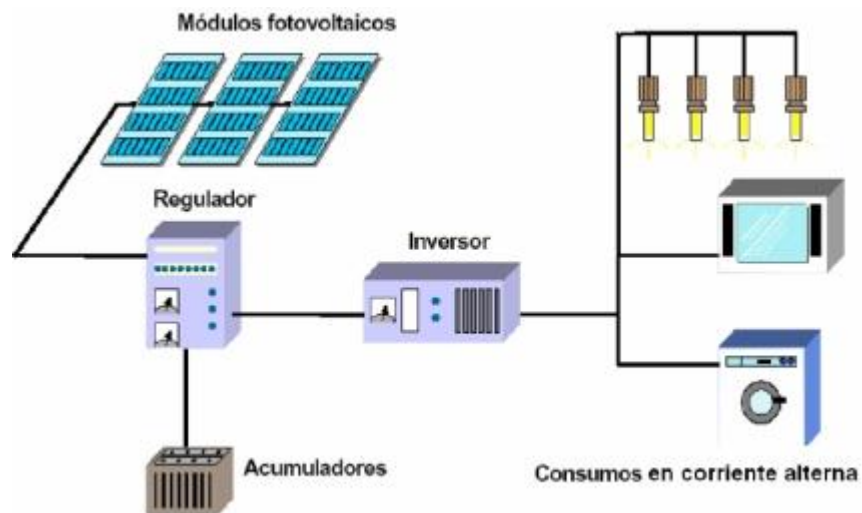


Figura 4.21 Circuito eléctrico de alimentación de cargas

El inversor es el elemento que se encarga de transformar la energía eléctrica continua producida por la célula fotovoltaica en corriente alterna para alimentar a las cargas deseadas. La instalación de los paneles solares presentan las siguientes ventajas:

- Al no producirse ningún tipo de combustión, no se generan contaminantes atmosféricos en el punto de utilización.
- Prácticamente se produce la energía con ausencia total de ruidos.
- El Silicio, elemento base para la fabricación de las células fotovoltaicas, es muy abundante ya que se encuentra en la arena, no siendo necesario explotar yacimientos de forma intensiva.
- Su instalación produce un ahorro en la planilla de electricidad.

Y las siguientes desventajas:

- Actualmente el precio de los paneles es muy elevado que en la mayoría de casos no se sustenta su uso.
- La eficiencia de los paneles no es alta (alrededor del 20% al 30%).

4.4.3 REEMPLAZO DEL ACONDICIONADOR DE AIRE

Para la sustitución de acondicionadores de aire por sistemas más eficientes se consideró acondicionadores de aire de SEER 13, en el mercado se encuentran acondicionadores de aire de esta clase a un precio de 2839 USD de acuerdo a distribuidores del producto.

La carga necesaria será 120000 BTU/h, que se abastecerá con dos acondicionadores de 60000 BTU/h cada uno. Los sistemas de acondicionamiento de aire viejos de 60000 BTU/h tienen un coeficiente SEER= 7,5 por tanto el consumo promedio en vatios es de 8000W, este valor lo hayamos dividiendo la capacidad en BTU para el valor del SEER, mientras que la alternativa propuesta tiene un consumo promedio de 4615,4 W, además se consideró el periodo de una hora para comparar su consumo con una tarifa de 7,85 ctvs/kWh.

Aunque se obtiene un ahorro en la factura eléctrica, para conocer si el reemplazo del equipo antiguo por uno más eficiente es rentable, se realiza un análisis de rentabilidad para el reemplazo de acondicionadores de aire en el capítulo 5.

	Potencia instalada del local (W)	Potencia de AA eficiente(W)	Ahorro en Potencia (W)	Facturación AA antiguo (ctvs.)	Facturación AA eficiente (ctvs.)	Ahorro a pagar (ctvs.)
AA SEER=13	8000	4615,4	3384,6	62,8	33,873	28,927

Tabla 4.18 Disminución en potencia y centavos con acondicionador de aire eficiente

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Realizar un análisis energético para el sector comercial en Guayaquil permitirá determinar el consumo y ahorro, tanto en kWh como en dólares que se obtendrán mediante la sustitución de los diferentes equipos estudiados. El análisis es técnico económico comparativo entre las distintas variedades de equipos. El análisis en lo que respecta a iluminación se lo realizó de manera más minuciosa debido a que, basándonos en las encuestas, se determinó que se pueden obtener beneficios y utilidades significativos en un periodo de tiempo relativamente corto.

Además del cálculo de toneladas de CO₂ reducidas mediante el uso de equipos eficientes para los abonados comerciales, en el Anexo A se presentan los cálculos correspondientes al factor de emisión de CO₂ para el Ecuador, ahorros en dólares y toneladas de CO₂ evitadas.

Para el análisis de ahorro de kWh se consideró el costo actual de energía para locales comerciales sin penalización de 0,0785 USD/kWh, y para una jornada laboral de 12 horas (8:00 a 20:00), también se utilizó un costo de 2 USD por mano de obra para el cambio de cada luminaria y de 4USD por la compra de cada balastro, además se tomó una inflación del 4,88% y un impuesto del 12%.

5.1 ANÁLISIS ECONÓMICO DE ILUMINACIÓN DE LOS LOCALES

5.1.1 ROPA Y CALZADO

El análisis para un local del subtipo de ropa y calzado corresponde al cambio de 48 luminarias convencionales por luminarias más eficientes, el número de luminarias a reemplazar para cada alternativa resulta del método de lúmenes cumpliendo para cada alternativa la cantidad de lux recomendados por la Tabla 4.2.

	Cantidad	W/Lum.	kW	kWh diario	Reducción de consumo
Luminaria Convencional	48	70,0	3,36	40,32	-
Fluorescente T-8	50	32	1,60	19,20	52,4%
Tubo fluorescente T-5	70	28	1,96	23,52	41,7%
Fluorescente Compacta	55	42	2,31	27,72	31,3%
LED	204	6	1,22	14,69	63,6%

Tabla 5.1 Ahorro de energía por cambio de luminaria Ropa y Calzado

Para cada alternativa se determina la disminución en consumo de energía realizando la diferencia de la energía consumida en la luminaria convencional menos la energía consumida por cada alternativa, el resultado se lo multiplica por el número de días en un año y luego se lo multiplica por el costo del kWh para encontrar el beneficio por ahorro en costo de energía cuyo valor va a ser utilizado para el cálculo de rentabilidad.

Tipo de luminaria	Luminarias reemplazadas	Disminución kWh diario	Disminución kWh anual	Disminución en facturación clientes Tarifa 7,85 ctvs.USD/kWh
Tubo fluorescente T-8	50	21,12	7.708,80	605,14
Tubo fluorescente T-5	70	16,80	6.132,00	481,36
LFC	55	12,60	4.599,00	361,02
LED	204	25,63	9.355,68	734,42

Tabla 5.2 Beneficio por ahorro en costo de energía Ropa y Calzado

Se determina el costo del balastro multiplicando la cantidad de balastros a instalar para cada alternativa por el costo unitario de cada balastro (4 USD),

para este sector se consideró un balastro para cada tubo fluorescente. El costo de mano de obra resulta de la suma de multiplicar la cantidad de lámparas a instalar por el costo de instalar cada tubo (2 USD) más la cantidad de balastros a instalar por el costo de instalar un balastro (2 USD). La suma del costo de balastro más la mano de obra resulta en los costos totales que se consideran en el análisis de rentabilidad.

Tipo de luminaria	Lámparas a instalar	Balastros a instalar	Costo Balastro (USD)	Mano de Obra (USD)	Total (USD)*
T-8	50	50	200,00	200,00	419,52
T-5	70	70	280,00	280,00	587,33
LFC	55	0	0,00	110,00	115,37
LED	204	0	0,00	408,00	427,91

Tabla 5.3 Costo de instalación Ropa y Calzado

*El valor total está afectado por la inflación del 4,88%

5.1.1.1 PRIMERA PROPUESTA: TUBO FLUORESCENTE T-8

Consiste en reemplazar las lámparas convencionales por tubos fluorescentes T-8. Este tipo de lámparas presentan una vida útil de 30000 horas y una eficacia aproximada de 80 y 98 lum/w. En la Tabla 5.4 se presenta la evaluación económica para este tipo de luminaria se considera costo referencial de mantenimiento de 50 USD anuales afectados por la inflación.

La inversión se la obtuvo en la Tabla 4.8 este dato se lo utiliza en el cálculo de rentabilidad en la columna “inversión sin IVA” el valor es de 79,5 USD. Los costos obtenidos en la tabla 5.3 se los utiliza en la columna costos para la evaluación económica para luminaria T-8, el valor es de 419,52 USD. Los beneficios que se van a utilizar en el cálculo de rentabilidad para la luminaria T-8 se los obtiene en la Tabla 5.2 de la columna “disminución en facturación clientes” el valor es de 605,14 USD afectados por la inflación resulta 634,67 USD. El total obtenido resulta de la resta de los beneficios menos los costos.

El valor de VPN está dado por la fórmula:

$$VPN = \frac{582,23}{(1 + 0,12)} + \frac{610,64}{(1 + 0,12)^2} + \frac{640,44}{(1 + 0,12)^3} - 499,02$$

$$VPN = 963,49 \text{ USD (Ecuación 15)}$$

Los valores obtenidos para la evaluación económica provienen de manera similar en el resto de las tablas.

EVALUACION ECONOMICA T-8

	Horas	Años
Vida Útil	30000	3
VS año 3	0	

No.	AÑOS (1)	INVERSION SIN IVA (Dólares) (2)	COSTOS (Dólares) (3)	BENEFICIOS (Dólares) (4)	TOTAL (Dólares) (4)-(3)
0	2012	79,5	419,52	0,00	-499,02
1	2013		52,44	634,67	582,23
2	2014		55,00	665,64	610,64
3	2015		57,68	698,13	640,44
				VPN	963,49

Tabla 5.4 Evaluación económica para luminaria T-8

5.1.1.2 SEGUNDA PROPUESTA: TUBO FLUORESCENTE T-5

EVALUACION ECONOMICA T-5

	Horas	Años
Vida Útil	35000	4
VS año 3	25,725	

No.	AÑOS (1)	INVERSION SIN IVA (Dólares) (2)	COSTOS (Dólares) (3)	BENEFICIOS (Dólares) (4)	TOTAL (Dólares) (4)-(3)
0	2012	102,9	587,33	0,00	-690,23
1	2013		52,44	504,85	452,41
2	2014		55,00	529,49	474,49
3	2015		57,68	581,05	523,37
				VPN	464,50

Tabla 5.5 Evaluación económica para luminaria T-5

Consiste en remplazar las lámparas convencionales por tubos T-5, los cuales tienen de vida útil 35000 horas y eficiencia aproximada de 86 y 105 lm/W.

En la Tabla 5.5 se presenta la evaluación económica para este tipo de luminaria se considera costo referencial de mantenimiento de 50 USD anuales afectados por la inflación.

5.1.1.3 TERCERA PROPUESTA: TUBO FLUORESCENTE COMPACTA LFC.

EVALUACION ECONOMICA LFC

	Horas	Años			
Vida Útil	10000	1			
VS año 3	0	(INVERSION CADA ANO SE SUSTITUYE)			

No.	AÑOS	INVERSION SIN IVA (Dólares) (2)	COSTOS (Dólares) (3)	BENEFICIOS (Dólares) (4)	TOTAL (Dólares) (4)-(3)
0	2012	1.311,8	115,37	0,00	-1.427,12
1	2013		52,44	378,64	326,20
2	2014		55,00	397,12	342,12
3	2015		57,68	416,50	358,81
				VPN	-607,74

Tabla 5.6 Evaluación económica para luminaria LFC

Consiste en reemplazar las lámparas convencionales por tubos fluorescentes compactos LFC. Este tipo de lámparas presentan una vida útil de 10000 horas y una eficacia aproximada de 60 y 69 lum/w. En la Tabla 5.6 se presenta la evaluación económica para este tipo de luminaria se considera costo referencial de mantenimiento de 15 USD anuales afectados por la inflación.

5.1.1.4 CUARTA PROPUESTA: LED

Consiste en reemplazar las lámparas convencionales por focos led, cuya vida útil es 50000 horas y eficiencia aproximada de 49 y 85 lum/w. En la Tabla 5.7 se presenta la evaluación económica para este tipo de luminaria.

EVALUACION ECONOMICA LED					
	Horas	Años			
Vida Útil	50000	6			
VS año 3	2525,52				

No.	AÑOS	INVERSION SIN IVA (Dólares) (2)	COSTOS (Dólares) (3)	BENEFICIOS (Dólares) (4)	TOTAL (Dólares) (4)-(3)
	(1)				
0	2012	5.051,0	427,91	0,00	-5.478,95
1	2013		0,00	770,26	770,26
2	2014		0,00	807,85	807,85
3	2015		0,00	3.372,79	3.372,79
				VPN	-1.746,52

Tabla 5.7 Evaluación económica para foco led

5.1.2 ELECTRODOMÉSTICOS

El análisis para un local del subtipo de electrodomésticos corresponde al cambio de 281 luminarias de distinto tipo por luminarias más eficientes, el número de luminarias a reemplazar para cada alternativa resulta del método de lúmenes cumpliendo para cada alternativa la cantidad de lux recomendados por la Tabla 4.2

	Cantidad	W/Luminaria	kW	kWh diario	Reducción de consumo
Luminaria Convencional	8	40,0	9,64	115,73	-
	257	32,0			
	10	20,0			
	6	150,0			
Fluorescente T-8	148	32	4,74	56,83	50,9%
Tubo fluorescente T-5	208	28	5,82	69,89	39,6%
LFC	202	42	8,48	101,81	12,0%
LED	611	6	3,67	43,99	62,0%

Tabla 5.8 Ahorro de energía por cambio de luminaria Electrodomésticos

Para cada alternativa se determina la disminución en consumo de energía realizando la diferencia de la energía consumida en la luminaria convencional menos la energía consumida por cada alternativa, el resultado se lo multiplica por el número de días en un año y luego se lo multiplica por el costo del kWh para encontrar el beneficio por ahorro en costo de energía cuyo valor va a ser utilizado para el cálculo de rentabilidad.

Tipo de luminaria	Luminarias reemplazadas	Disminución kWh diario	Disminución kWh anual	Disminución en facturación clientes Tarifa 7,85 ctvs.USD/kWh
Tubo fluorescente T-8	148	58,90	21.497,04	1.687,52
Tubo fluorescente T-5	208	45,84	16.731,60	1.313,43
LFC	202	13,92	5.080,80	398,84
LED	611	71,74	26.183,64	2.055,42

Tabla 5.9 Beneficio por ahorro en costo de energía Electrodomésticos

Se determina el costo del balastro multiplicando la cantidad de balastos a instalar para cada alternativa por el costo unitario de cada balastro (6 USD), para este sector se consideró un balastro para cada tubo fluorescente. El costo de mano de obra resulta de la suma de multiplicar la cantidad de lámparas a instalar por el costo de instalar cada tubo (2 USD) más la cantidad de balastos a instalar por el costo de instalar un balastro (2 USD). La suma del costo de balastro más la mano de obra resulta en los costos totales que se consideran en el análisis de rentabilidad.

Tipo de luminaria	Lámparas a instalar	Balastos a instalar	Costo Balastro (USD)	Mano de Obra (USD)	Total (USD)*
T-8	148	50	300	396	729,96
T-5	208	70	420	556	1.023,63
LFC	202	0	0	404	423,72
LED	611	0	0	1.222	1.281,63

Tabla 5.10 Costo de instalación Electrodomésticos.

*El valor total está afectado por la inflación del 4,88%

5.1.2.1 PRIMERA PROPUESTA: TUBO FLUORESCENTE T-8

EVALUACION ECONOMICA T-8					
	Horas	Años			
Vida Útil	30000		3		
VS año 3	0				

No.	AÑOS	INVERSION SIN IVA	COSTOS	BENEFICIOS	TOTAL
	(1)	(Dólares)	(Dólares)	(Dólares)	(Dólares)
		(2)	(3)	(4)	(4)-(3)
0	2012	235,32	729,96	0,00	-965,28
1	2013		52,44	1.769,87	1.717,43
2	2014		55,00	1.856,24	1.801,24
3	2015		57,68	1.946,82	1.889,14
VPN					3.348,72

Tabla 5.11 Evaluación económica para luminaria T-8

Consiste en reemplazar las lámparas convencionales por tubos fluorescentes T-8. Este tipo de lámparas presentan una vida útil de 30000 horas y una eficacia aproximada de 80 y 98 lum/w. En la Tabla 5.11 se presenta la evaluación económica para este tipo de luminaria se considera costo referencial de mantenimiento de 50 USD anuales afectados por la inflación.

5.1.2.2 SEGUNDA PROPUESTA: TUBO FLUORESCENTE T-5

Consiste en reemplazar las lámparas convencionales por tubos fluorescentes T-5. Este tipo de lámparas presentan una vida útil de 35000 horas y una eficacia aproximada de 86 y 105 lum/w. En la Tabla 5.12 se presenta la

evaluación económica para este tipo de luminaria se considera costo referencial de mantenimiento de 50 USD anuales afectados por la inflación.

EVALUACION ECONOMICA T-5					
	Horas	Años			
Vida Útil	35000	4			
VS año 3	76,44				

No.	AÑOS (1)	INVERSION SIN IVA (Dólares) (2)	COSTOS (Dólares) (3)	BENEFICIOS (Dólares) (4)	TOTAL (Dólares) (4)-(3)
0	2012	305,76	1.023,63	0,00	-1.329,39
1	2013		52,44	1.377,53	1.325,09
2	2014		55,00	1.444,75	1.389,75
3	2015		57,68	1.591,69	1.534,01
				VPN	2.053,50

Tabla 5.12 Evaluación económica para luminaria T-5

5.1.2.3 TERCERA PROPUESTA: TUBO FLUORESCENTE COMPACTA LFC.

Consiste en reemplazar las lámparas convencionales por tubos fluorescentes compactos LFC. Este tipo de lámparas presentan una vida útil de 10000 horas y una eficacia aproximada de 60 y 69 lum/w. En la Tabla 5.13 se presenta la evaluación económica para este tipo de luminaria se considera costo referencial de mantenimiento de 15 USD anuales afectados por la inflación.

EVALUACION ECONOMICA LFC

	Horas	Años
Vida Útil	10000	1
VS año 3	0	(INVERSION SE MULTIPLICA POR TRES)

No.	AÑOS	INVERSION SIN IVA (Dólares) (2)	COSTOS (Dólares) (3)	BENEFICIOS (Dólares) (4)	TOTAL (Dólares) (4)-(3)
0	2012	4.817,70	423,72	0,00	-5.241,42
1	2013		52,44	418,31	365,87
2	2014		55,00	438,72	383,72
3	2015		57,68	460,13	402,45
				VPN	-4.322,40

Tabla 5.13 Evaluación económica para luminaria LFC

5.1.2.4 CUARTA PROPUESTA: LED

Consiste en reemplazar las lámparas convencionales por focos led. Este tipo de foco presenta una vida útil de 50000 horas y una eficacia aproximada de 49 y 85 lum/w. En la Tabla 5.14 se presenta la evaluación económica para este tipo de luminaria.

5.1.3 GRANDES TIENDAS

El análisis para un local del subtipo de grandes tiendas corresponde al cambio de 260 luminarias de distinto tipo por luminarias más eficientes, el número de luminarias a reemplazar para cada alternativa resulta del método

de lúmenes cumpliendo para cada alternativa la cantidad de lux recomendados por la Tabla 4.2.

EVALUACION ECONOMICA LED

	Horas	Años
Vida Útil	50000	6
VS año 3	7564,18	

No.	AÑOS (1)	INVERSION SIN IVA (Dólares) (2)	COSTOS (Dólares) (3)	BENEFICIOS (Dólares) (4)	TOTAL (Dólares) (4)-(3)
0	2012	15.128,36	1.281,63	0,00	-16.409,99
1	2013		0,00	2.155,72	2.155,72
2	2014		0,00	2.260,92	2.260,92
3	2015		0,00	9.935,43	9.935,43
VPN					-5.611,01

Tabla 5.14 Evaluación económica para foco led

	Cantidad	W/Luminaria	kW	kWh diario	Reducción de consumo
Luminaria Convencional	152	32,0	9,18	110,21	-
	108	40,0			
Fluorescente T-8	148	32	4,74	56,83	48,4%
Tubo fluorescente T-5	208	28	5,82	69,89	36,6%
LFC	202	42	8,48	101,81	7,6%
LED	611	6	3,67	43,99	60,1%

Tabla 5.15 Ahorro de energía por cambio de luminaria Grandes Tiendas

Para cada alternativa se determina la disminución en consumo de energía realizando la diferencia de la energía consumida en la luminaria convencional menos la energía consumida por cada alternativa, el resultado se lo multiplica

por el número de días en un año y luego se lo multiplica por el costo del kWh para encontrar el beneficio por ahorro en costo de energía cuyo valor va a ser utilizado para el cálculo de rentabilidad.

Tipo de luminaria	Luminarias reemplazadas	Disminución kWh diario	Disminución kWh anual	Disminución en facturación clientes Tarifa 7,85 ctvs.USD/kWh
Tubo fluorescente T-8	148	53,38	19.482,24	1.529,36
Tubo fluorescente T-5	208	40,32	14.716,80	1.155,27
LFC	202	8,40	3.066,00	240,68
LED	611	66,22	24.168,84	1.897,25

Tabla 5.16 Beneficio por ahorro en costo de energía Grandes Tiendas

Se determina el costo del balastro multiplicando la cantidad de balastos a instalar para cada alternativa por el costo unitario de cada balastro (6 USD), para este sector se consideró un balastro para cada tubo fluorescente. El costo de mano de obra resulta de la suma de multiplicar la cantidad de lámparas a instalar por el costo de instalar cada tubo (2 USD) más la cantidad de balastos a instalar por el costo de instalar un balastro (2 USD). La suma del costo de balastro más la mano de obra resulta en los costos totales que se consideran en el análisis de rentabilidad.

Tipo de luminaria	Lámparas a instalar	Balastos a instalar	Costo Balastro (USD)	Mano de Obra (USD)	Total (USD)*
T-8	148	50	300	396	729,96
T-5	208	70	420	556	1.023,63
LFC	202	0	0	404	423,72
LED	611	0	0	1.222	1.281,63

Tabla 5.17 Costo de instalación Grandes Tiendas

*El valor total está afectado por la inflación del 4,88%

5.1.3.1 PRIMERA PROPUESTA: TUBO FLUORESCENTE T-8

EVALUACION ECONOMICA T-8

	Horas	Años
Vida Útil	30000	3
VS año 3	0	

No.	AÑOS (1)	INVERSION SIN IVA (Dólares) (2)	COSTOS (Dólares) (3)	BENEFICIOS (Dólares) (4)	TOTAL (Dólares) (4)-(3)
0	2012	235,3	729,96	0,00	-965,28
1	2013		52,44	1.603,99	1.551,55
2	2014		55,00	1.682,26	1.627,26
3	2015		57,68	1.764,36	1.706,67
				VPN	2.932,05

Tabla 5.18 Evaluación económica para luminaria T-8

Consiste en reemplazar las lámparas convencionales por tubos fluorescentes T-8. Este tipo de lámparas presentan una vida útil de 30000 horas y una eficacia aproximada de 80 y 98 lum/w. En la Tabla 5.18 se presenta la evaluación económica para este tipo de luminaria se considera costo referencial de mantenimiento de 50 USD anuales afectados por la inflación.

5.1.3.2 SEGUNDA PROPUESTA: TUBO FLUORESCENTE T-5

EVALUACION ECONOMICA T-5					
	Horas	Años			
Vida Útil	35000	4			
VS año 3	76,44				

No.	AÑOS (1)	INVERSION SIN IVA (Dólares) (2)	COSTOS (Dólares) (3)	BENEFICIOS (Dólares) (4)	TOTAL (Dólares) (4)-(3)
0	2012	305,8	1023,63	0,00	-1.329,39
1	2013		52,44	1.211,65	1.159,21
2	2014		55,00	1.270,77	1.215,78
3	2015		57,68	1.409,23	1.351,54
				VPN	1.636,83

Tabla 5.19 Evaluación económica para luminaria T-5

Consiste en reemplazar las lámparas convencionales por tubos fluorescentes T-5. Este tipo de lámparas presentan una vida útil de 35000 horas y una eficacia aproximada de 86 y 105 lum/w. En la Tabla 5.19 se presenta la

evaluación económica para este tipo de luminaria se considera costo referencial de mantenimiento de 50 USD anuales afectados por la inflación.

5.1.3.3 TERCERA PROPUESTA: TUBO FLUORESCENTE COMPACTA LFC

	Horas	Años
Vida Útil	10000	1
VS año 3	0	(INVERSION SE MULTIPLICA POR TRES)

No.	AÑOS	INVERSION SIN IVA (Dólares) (2)	COSTOS (Dólares) (3)	BENEFICIOS (Dólares) (4)	TOTAL (Dólares) (4)-(3)
	(1)				
0	2012	4.817,7	423,72	0,00	-5.241,42
1	2013		52,44	252,43	199,99
2	2014		55,00	264,74	209,75
3	2015		57,68	277,66	219,98
				VPN	-4.739,07

Tabla 5.20 Evaluación económica para luminaria LFC

Consiste en reemplazar las lámparas convencionales por tubos fluorescentes compactos LFC. Este tipo de lámparas presentan una vida útil de 10000 horas y una eficacia aproximada de 60 y 69 lum/w. En la Tabla 5.20 se presenta la evaluación económica para este tipo de luminaria, se considera

costo referencial de mantenimiento de 15 USD anuales afectados por la inflación.

5.1.3.4 CUARTA PROPUESTA: LED

Consiste en reemplazar las lámparas convencionales por focos led. Este tipo de foco presenta una vida útil de 50000 horas y una eficiencia aproximada de 49 y 85 lum/w. En la Tabla 5.21 se presenta la evaluación económica para este tipo de luminaria.

EVALUACION ECONOMICA LED					
	Horas	Años			
Vida Útil	50000	6			
VS año 3	7564,18				

No.	AÑOS	INVERSION SIN IVA	COSTOS	BENEFICIOS	TOTAL
	(1)	(Dólares) (2)	(Dólares) (3)	(Dólares) (4)	(Dólares) (4)-(3)
0	2012	15.128,4	1.281,63	0,00	-16.409,99
1	2013		0,00	1.989,84	1.989,84
2	2014		0,00	2.086,94	2.086,94
3	2015		0,00	9.752,97	9.752,97
				VPN	-6.027,68

Tabla 5.21 Evaluación económica para foco led

5.1.4 RESTAURANTES

El análisis para un local del subtipo de los restaurantes corresponde al cambio de 24 luminarias por luminarias más eficientes, el número de luminarias a reemplazar para cada alternativa resulta del método de lúmenes cumpliendo para cada alternativa la cantidad de lux recomendados por la Tabla 4.2.

	Cantidad	W/Luminaria	kW	kWh diario	Reducción de consumo
Luminaria Convencional	24	40,0	0,96	11,52	-
Fluorescente T-8	27	32	0,86	10,37	10,0%
Tubo fluorescente T-5	39	28	1,09	13,10	-13,8%
LFC	31	42	1,30	15,62	-35,6%
LED	114	6	0,68	8,21	28,8%

Tabla 5.22 Ahorro de energía por cambio de luminaria Restaurantes

Para cada alternativa se determina la disminución en consumo de energía realizando la diferencia de la energía consumida en la luminaria convencional menos la energía consumida por cada alternativa, el resultado se lo multiplica por el número de días en un año y luego se lo multiplica por el costo del kWh para encontrar el beneficio por ahorro en costo de energía cuyo valor va a ser utilizado para el cálculo de rentabilidad.

Se determina el costo del balastro multiplicando la cantidad de balastos a instalar para cada alternativa por el costo unitario de cada balastro (4 USD), para este sector se consideró un balastro para cada tubo fluorescente. El costo de mano de obra resulta de la suma de multiplicar la cantidad de lámparas a instalar por el costo de instalar cada tubo (2 USD) más la cantidad de balastos a instalar por el costo de instalar un balastro (2 USD). La suma del costo de balastro más la mano de obra resulta en los costos totales que se consideran en el análisis de rentabilidad.

Tipo de luminaria	Luminarias reemplazadas	Disminución kWh diario	Disminución kWh anual	Disminución en facturación clientes 7,85 ctvs.USD/kWh
Tubo fluorescente T-8	27	1,15	420,48	33,01
Tubo fluorescente T-5	39	(1,58)*	(578,16)*	(45,39)*
LFC	31	(4,10)*	(1.497,96)*	(117,59)*
LED	114	3,31	1.208,88	94,90

Tabla 5.23 Beneficio por ahorro en costo de energía Restaurantes

* Estos valores expresan que con los cambios propuestos no se disminuye el kWh consumido por tanto no se ahorra.

Tipo de luminaria	Lámparas a instalar	Balastos a instalar	Costo Balastro (USD)	Mano de Obra (USD)	Total (USD)*
T-8	27	27	108	108	226,54
T-5	39	39	156	156	327,23
LFC	31	0	0	62	65,03
LED	114	0	0	228	239,13

Tabla 5.24 Costo de instalación Restaurantes

*El valor total está afectado por la inflación del 4,88%

5.1.4.1 PRIMERA PROPUESTA: TUBO FLUORESCENTE T-8

EVALUACION ECONOMICA T-8

	Horas	Años			
Vida Útil	30000	3			
VS año 3	0				

No.	AÑOS	INVERSION SIN IVA (Dólares) (2)	COSTOS (Dólares) (3)	BENEFICIOS (Dólares) (4)	TOTAL (Dólares) (4)-(3)
	(1)				
0	2012	42,93	226,54	0,00	-269,47
1	2013		52,44	34,62	-17,82
2	2014		55,00	36,31	-18,69
3	2015		57,68	38,08	-19,60
				VPN	-314,24

Tabla 5.25 Evaluación económica para luminaria T-8

Consiste en reemplazar las lámparas convencionales por tubos fluorescentes T-8. Este tipo de lámparas presentan una vida útil de 30000 horas y una eficacia aproximada de 80 y 98 lum/w. En la Tabla 5.25 se presenta la evaluación económica para este tipo de luminaria se considera costo referencial de mantenimiento de 50 USD anuales afectados por la inflación.

5.1.4.2 SEGUNDA PROPUESTA: LED

Consiste en reemplazar las lámparas convencionales por focos led. Este tipo de foco presenta una vida útil de 50000 horas y una eficacia aproximada de

49 y 85 lum/w. En la Tabla 5.26 se presenta la evaluación económica para este tipo de luminaria.

EVALUACION ECONOMICA LED					
	Horas	Años			
Vida Útil	50000	6			
VS año 3	1411,32				

No.	AÑOS	INVERSION SIN IVA	COSTOS	BENEFICIOS	TOTAL
	(1)	(Dólares) (2)	(Dólares) (3)	(Dólares) (4)	(Dólares) (4)-(3)
0	2012	2822,64	239,13	0,00	-3.061,77
1	2013		0,00	99,53	99,53
2	2014		0,00	104,39	104,39
3	2015		0,00	1.520,80	1.520,80
				VPN	-1.807,21

Tabla 5.26 Evaluación económica para foco led

5.1.5 LOCALES VARIOS

El análisis para un local del subtipo de los locales varios corresponde al cambio de 155 luminarias por luminarias más eficientes, el número de luminarias a reemplazar para cada alternativa resulta del método de lúmenes cumpliendo para cada alternativa la cantidad de lux recomendados por la Tabla 4.2.

	Cantidad	W/Luminaria	kW	kWh diario	Reducción de consumo
Luminaria Convencional	151	32,0	5,43	65,18	-
	4	150,0			
Fluorescente T-8	50	32	1,60	19,20	70,5%
Tubo fluorescente T-5	39	28	1,09	13,10	79,9%
LFC	31	42	1,30	15,62	76,0%
LED	114	6	0,68	8,21	87,4%

Tabla 5.27 Ahorro de energía por cambio de luminaria Locales varios

Para cada alternativa se determina la disminución en consumo de energía realizando la diferencia de la energía consumida en la luminaria convencional menos la energía consumida por cada alternativa, el resultado se lo multiplica por el número de días en un año y luego se lo multiplica por el costo del kWh para encontrar el beneficio por ahorro en costo de energía cuyo valor va a ser utilizado para el cálculo de rentabilidad.

Tipo de luminaria	Luminarias reemplazadas	Disminución KWh diario	Disminución kWh anual	Disminución en facturación clientes Tarifa 7,85 ctvs.USD/kWh
Tubo fluorescente T-8	50	45,98	16.784,16	1.317,56
Tubo fluorescente T-5	39	52,08	19.009,20	1.492,22
LFC	31	49,56	18.089,40	1.420,02
LED	114	56,98	20.796,24	1.632,50

Tabla 5.28 Beneficio por ahorro en costo de energía

Se determina el costo del balastro multiplicando la cantidad de balastos a instalar para cada alternativa por el costo unitario de cada balastro (4 USD), para este sector se consideró un balastro para cada tubo fluorescente. El costo de mano de obra resulta de la suma de multiplicar la cantidad de lámparas a instalar por el costo de instalar cada tubo (2 USD) más la cantidad de balastos a instalar por el costo de instalar un balastro (2 USD). La suma del costo de balastro más la mano de obra resulta en los costos totales que se consideran en el análisis de rentabilidad.

Tipo de luminaria	Lámparas a instalar	Balastos a instalar	Costo Balastro (USD)	Mano de Obra (USD)	Total (USD)*
T-8	50	50	200	200	419,52
T-5	39	39	156	156	327,23
LFC	31	0	0	62	65,03
LED	114	0	0	228	239,13

Tabla 5.29 Costo de instalación Locales varios

*El valor total está afectado por la inflación del 4,88%

5.1.5.1 PRIMERA PROPUESTA: TUBO FLUORESCENTE T-8

Consiste en reemplazar las lámparas convencionales por tubos fluorescentes T-8. Este tipo de lámparas presentan una vida útil de 30000 horas y una eficacia aproximada de 80 y 98 lum/w. En la Tabla 5.30 se presenta la

evaluación económica para este tipo de luminaria se considera costo referencial de mantenimiento de 50 USD anuales afectados por la inflación.

EVALUACION ECONOMICA T-8

	Horas	Años			
Vida Útil	30000	3			
VS año 3	0				

No.	AÑOS	INVERSION SIN IVA	COSTOS	BENEFICIOS	TOTAL
	(1)	(Dólares) (2)	(Dólares) (3)	(Dólares) (4)	(Dólares) (4)-(3)
0	2012	79,50	419,52	0,00	-499,02
1	2013		52,44	1.381,85	1.329,41
2	2014		55,00	1.449,29	1.394,29
3	2015		57,68	1.520,01	1.462,33
VPN					2.840,33

Tabla 5.30 Evaluación económica para luminaria T-8

5.1.5.2 SEGUNDA PROPUESTA: TUBO FLUORESCENTE T-5

EVALUACION ECONOMICA T-5

	Horas	Años			
Vida Útil	35000	4			
VS año 3	25,725				

No.	AÑOS	INVERSION SIN IVA	COSTOS	BENEFICIOS	TOTAL
	(1)	(Dólares) (2)	(Dólares) (3)	(Dólares) (4)	(Dólares) (4)-(3)
0	2012	102,90	327,23	0,00	-430,13
1	2013		52,44	1.565,04	1.512,60
2	2014		55,00	1.641,42	1.586,42
3	2015		57,68	1.747,24	1.689,56
VPN					3.387,69

Tabla 5.31 Evaluación económica para luminaria T-5

Consiste en reemplazar las lámparas convencionales por tubos fluorescentes T-5. Este tipo de lámparas presentan una vida útil de 35000 horas y una eficacia aproximada de 86 y 105 lum/w. En la Tabla 5.31 se presenta la evaluación económica para este tipo de luminaria se considera costo referencial de mantenimiento de 50 USD anuales afectados por la inflación.

5.1.5.3 TERCERA PROPUESTA: TUBO FLUORESCENTE COMPACTA LFC

Consiste en reemplazar las lámparas convencionales por tubos fluorescentes compactos LFC. Este tipo de lámparas presentan una vida útil de 10000 horas y una eficacia aproximada de 60 y 69 lum/w. En la Tabla 5.32 se presenta la evaluación económica para este tipo de luminaria, se considera costo referencial de mantenimiento de 15 USD anuales afectados por la inflación.

5.1.5.4 CUARTA PROPUESTA: LED

Consiste en reemplazar las lámparas convencionales por focos led. Este tipo de foco presenta una vida útil de 50000 horas y una eficacia aproximada de 49 y 85 lum/w. En la Tabla 5.33 se presenta la evaluación económica para este tipo de luminaria.

EVALUACION ECONOMICA LFC

	Horas	Años
Vida Útil	10000	1
VS año 3	0	(INVERSION SE MULTIPLICA POR TRES)

No.	AÑOS	INVERSION SIN IVA (Dólares) (2)	COSTOS (Dólares) (3)	BENEFICIOS (Dólares) (4)	TOTAL (Dólares) (4)-(3)
	(1)				
0	2012	1311,75	65,03	0,00	-1.376,78
1	2013		52,44	1.489,31	1.436,87
2	2014		55,00	1.561,99	1.506,99
3	2015		57,68	1.638,22	1.580,54
				VPN	2.232,51

Tabla 5.32 Evaluación económica para luminaria LFC

EVALUACION ECONOMICA LED

	Horas	Años
Vida Útil	50000	6
VS año 3	2525,52	

No.	AÑOS	INVERSION SIN IVA (Dólares) (2)	COSTOS (Dólares) (3)	BENEFICIOS (Dólares) (4)	TOTAL (Dólares) (4)-(3)
	(1)				
0	2012	5051,04	239,13	0,00	-5.290,17
1	2013		0,00	1.712,17	1.712,17
2	2014		0,00	1.795,73	1.795,73
3	2015		0,00	4.408,88	4.408,88
				VPN	808,25

Tabla 5.33 Evaluación económica para foco led

5.2 ANÁLISIS ECONÓMICO DE PANELES SOLARES EN LOS LOCALES COMERCIALES

Se evaluó la opción de utilizar paneles solares de 1000 W a un precio de 1471,50 USD para ser utilizados con un conversor-conmutador para tomar

una parte de la carga de iluminación y que funcione por separado de la red de alimentación convencional, es decir que por medio del conmutador cense la disponibilidad de los paneles de tal forma que cierta carga pueda alimentarse a través de los paneles solares o por medio de la red de alimentación convencional.

Se consideró un tiempo de 10 horas diarias para determinar la energía consumida diaria, luego se multiplica por 365 días para encontrar la disminución de la energía en kWh en un año y con esto conocer el ahorro en la facturación.

El costo de instalación utilizado para el cálculo de rentabilidad está dado en la Tabla 5.34.

Consumo kW	1,0
Consumo kWh diario	10,0
Disminución kWh anual	3.650,0
Disminución en facturación clientes 7,85 ctvs. USD/kWh	286,5

Tabla 5.34 Ahorro de energía por paneles solares

Costo de Paneles Solares USD	1.471,5
Costo de instalación USD	100
Costo Total USD	1.571,5

Tabla 5.35 Costo de instalación del panel solar

EVALUACION ECONOMICA PANEL SOLAR

	Años
Vida Útil	25
VS año 3	1294,92

No.	AÑOS	INVERSION SIN IVA	COSTOS	BENEFICIOS	TOTAL
	(1)	(Dólares)	(Dólares)	(Dólares)	(Dólares)
		(2)	(3)	(4)	(4)-(3)
0	2012	1.471,5	100,00	0,00	-1.571,50
1	2013		0,00	300,51	300,51
2	2014		0,00	315,17	315,17
3	2015		0,00	1.625,47	1.625,47
				VPN	105,04

Tabla 5.36 Evaluación económica para paneles solares

El análisis de rentabilidad establece que el proyecto de ubicar paneles solares para suplir el sistema de alumbrado es muy poco rentable para un período de tres años.

5.3 ANÁLISIS ECONÓMICO DE ACONDICIONADORES DE AIRE EN LOS LOCALES COMERCIALES

De las visitas a los locales encuestados se observó que estos locales usaban el mismo tipo de central acondicionadora de aire, con la diferencia que

dependiendo de las dimensiones del local usaban más o menos unidades, todas de 60000 BTU, por lo tanto no fue necesario hacer el análisis económico por tipo de tienda. El costo a invertir por el acondicionador de aire es de 2839 USD.

Para la sustitución de acondicionadores de aire por sistemas más eficientes se consideró un acondicionador de aire de SEER 13, se analiza el reemplazo de una unidad de 60000 BTU con doce horas de operación diaria.

Se determina la disminución en consumo de energía realizando la diferencia de la energía consumida del acondicionador de aire convencional menos la energía consumida para la alternativa, el resultado se lo multiplica por el número de días en un año y luego se lo multiplica por el costo del kWh para encontrar el beneficio por ahorro en costo de energía cuyo valor va a ser utilizado para el cálculo de rentabilidad.

	BTU	W	kW	kWh diario	Reducción de consumo
Acondicionador Convencional	60000	8.000,0	8,0	96,0	-
Acondicionador Eficiente	60000	4.615,38	4,62	55,38	42,31%

Tabla 5.37 Ahorro de energía por cambio de acondicionador de aire

	BTU	Disminución kWh diario	Disminución kWh anual	Disminución en facturación clientes Tarifa 7,85 ctvs. USD/kWh
Acondicionador Eficiente	60.000	40,62	14.824,62	\$ 1.163,73

Tabla 5.38 Beneficio por ahorro de energía por cambio de acondicionador de aire

El costo de instalación y de mano de obra se detalla a continuación.

COSTO DE INSTALACIÓN (USD)	1500
MANTENIMIENTO (USD)	50

Tabla 5.39 Costo de instalación del acondicionador de aire

Hay que recordar que esta alternativa tiene mayor impacto para el subtipo de tienda Restaurantes, donde además de tomar alternativas como aislar la cocina y cambiar las luminarias que tienen un alto consumo de energía debido a que producen mayor calor en el comedor, se puede optar por instalar un sistema de acondicionamiento de aire más eficiente, donde el consumo eléctrico de un acondicionador de aire eficiente de clase SEER =13 consume alrededor de la mitad de un equipo viejo.

EVALUACION ECONOMICA ACONDICIONADOR DE AIRE

Años					
Vida Útil	10				
VS año 3	1987,3				

No.	AÑOS (1)	INVERSION SIN IVA (Dólares) (2)	COSTOS (Dólares) (3)	BENEFICIOS (Dólares) (4)	TOTAL (Dólares) (4)-(3)
0	2012	2.839,0	1.500,00	0,00	-4.339,00
1	2013		52,44	1.220,52	1.168,08
2	2014		55,00	1.280,08	1.225,08
3	2015		57,68	3.329,85	3.272,17
				VPN	9,63

Tabla 5.40 Evaluación económica para Acondicionadores de Aire

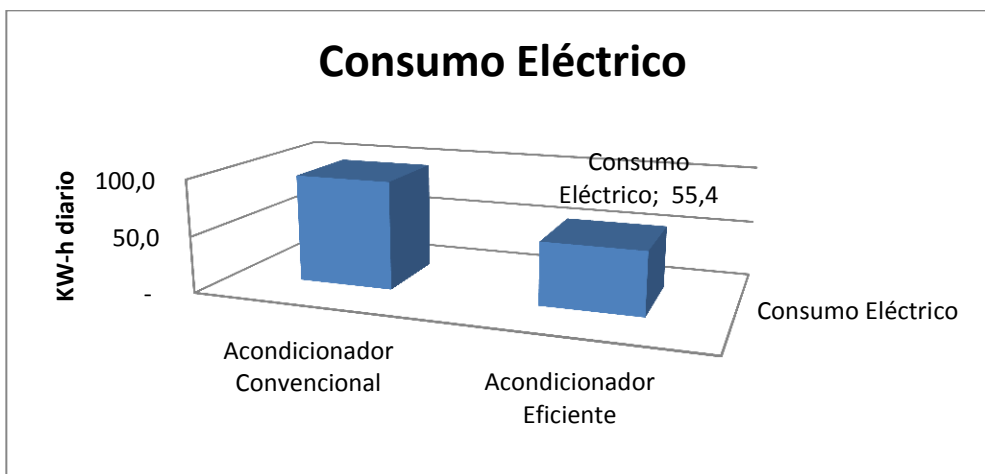


Figura 5.1 Comparación del consumo eléctrico de acondicionador de aire

5.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo con el análisis económico se escoge el proyecto más rentable a partir del mayor valor del VPN, en la Tabla 5.41 se detalla el valor presente

en dólares que se esperaría tener para cada alternativa de remplazo propuesto.

	Ropa y calzado	Electrodomésticos	Grandes Tiendas	Restaurantes	Locales Varios
Luminaria	VPN				
T-8	963,49	3.348,72	2.932,05	-314,24*	2.840,33
T-5	464,50	2.053,50	1.636,83	-	3.387,69
LFC	-607,74*	-4.322,40*	-4.739,07*	-	2.232,51
LED	-1.746,52*	-5.611,01*	-6.027,68*	-1.807,21*	808,25

Tabla 5.41 Valor presente neto para las alternativas propuestas para iluminación

* Los valores negativos indican que los costos superan a los beneficios que se obtienen por el reemplazo de luminaria propuestos por tanto el proyecto no es viable económicamente.

El proyecto más rentable para el tipo de tienda de ropa y calzado, para los electrodomésticos y grandes tiendas resulta al cambiar las luminarias por los tubos fluorescentes T-8, estos tubos tienen un precio razonable y muy buenos niveles de iluminación.

Para los locales varios el proyecto más rentable es cambiar por tubos fluorescentes eficientes T-5 que son más caros que los tubos T-8. Pero debido a que la iluminación representa el mayor consumo de energía abarcando el 65% de la energía consumida del local, la cantidad de dinero

que se ahorra debido al consumo de las luminarias eficientes es mucho mayor al valor que se cancela por la compra de estas luminarias.

Hay que recordar que todas las alternativas cumplen por diseño los requerimientos de lux dados por la norma ecuatoriana NEC-10 para este tipo de locales. Los cálculos han sido realizados basándonos en tipo de alumbrado general, por tanto el factor clave que influye en la decisión es tener el balance correcto entre costo y eficiencia.

Para el local dentro del subtipo de Ropa y calzado analizado con el cambio de luminaria propuesto se logra alcanzar un ahorro de energía de 7708 kWh/año con lo que al primer año consigue un ahorro en dólares de 582,23 USD para el primer año, por tanto la inversión ya se recupera a finales del primer año.

Para el local dentro del subtipo Electrodoméstico analizado con el cambio de luminaria propuesto se alcanza un ahorro de energía de 21497 kWh/año, con lo que al primer año obtiene un beneficio en dólares de 1717,43 USD por lo que recupera su inversión en el primer año de ejecutar el proyecto.

Para el local dentro del subtipo Grandes Tiendas analizado con el cambio de luminaria propuesto se alcanza un ahorro de energía de 19482,2 kWh/año con lo que para el primer año obtiene un beneficio en dólares de 1551,55 USD por lo que recupera su inversión en el primer año de ejecutar el proyecto.

Para el local dentro del subtipo Locales Varios analizado con el cambio de luminaria propuesto se alcanza un ahorro de energía de 19009 kWh/año lo que repercute en un ahorro en dólares de 1512,6 USD para el primer año por lo que recupera su inversión en el primer año de ejecutar el proyecto.

Para el caso de los restaurantes ninguna de las alternativas propuestas se proyecta como rentable, debido a que los locales encuestados ya utilizaban luminarias eficientes, por tanto las medidas para obtener ahorro en el consumo de energía eléctrica debe de estar orientada hacia el sistema de acondicionamiento de aire y en el sistema de refrigeración.

Los ahorros en energía dados por el remplazo de equipos más eficientes determinados para un día normal de operación se lo muestran en la Figura 5.2, los ahorros que se consiguen tienen un beneficio tanto para el

consumidor como para la empresa distribuidora, además de que tienen un impacto directo en la reducción de las emisiones de CO2 al ambiente.

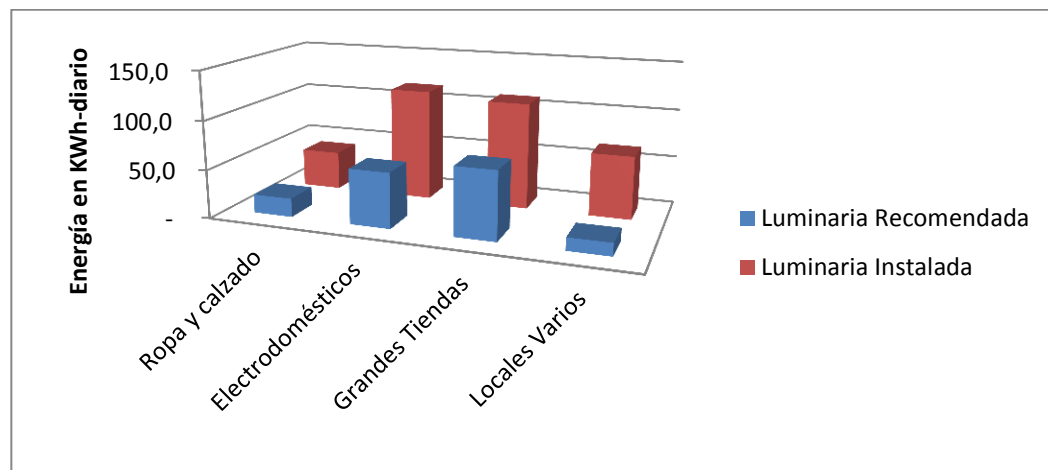


Figura 5.2 Comparación de consumo entre luminarias instaladas y recomendadas

5.5 GENERALIZACIÓN DEL SECTOR COMERCIAL

Como se mencionó en capítulos anteriores para un mejor análisis del comportamiento de los abonados comerciales del Parque California, se los clasificó de acuerdo al tipo de producto que venden, en esta sección propondremos los ahorros en dólares y en MWh que se obtendría si los locales comerciales del Parque California realizaran el cambio propuesto.

5.5.1 AHORRO DE ENERGÍA EN PARQUE CALIFORNIA

De acuerdo con las encuestas obtuvimos el número de locales comerciales a estudiar.

Tipo de Local	Número de Locales Parque California
Electrodoméstico	13
Ropa y Calzado	8
Grande Tiendas	3
Restaurantes	3
Locales Varios	9
Total	36

Tabla 5.42 Número de locales en Parque California

Se considera que todos los locales realizan el reemplazo de luminarias por tecnología más eficiente y rentable para cada subtipo de tienda. Se selecciona la alternativa de luminaria eficiente que dio como resultado del estudio de rentabilidad.

De acuerdo con las encuestas se determinó la cantidad de locales comerciales que utilizan acondicionador de aire. Hay que recordar que

debido a que todos los locales encuestados utilizan el mismo tipo de central acondicionadora de aire no se diferencia su uso para cada subtipo de tienda.

Se utiliza el valor del kWh anual que se ahorra por utilizar el acondicionador de aire eficiente y se lo multiplica por el porcentaje de uso para cada subtipo de tienda, este resultado se lo suma con el valor del kWh anual que se ahorra por utilizar la luminaria eficiente, lo llevamos a MWh, así obtenemos el ahorro en MWh anuales para un local de cada subtipo de tienda.

Como se considera que todos los locales realizan el cambio propuesto el resultado mencionado anteriormente se lo multiplica por el número de locales de cada subtipo de tienda, así obtenemos el ahorro en MWh para un año.

Se detalla el cálculo para el subtipo de ropa y calzado a manera de ejemplo.

$$\text{Ahorro en } \frac{\text{MWh}}{\text{anual}} = \frac{(7708,8 + 14824,62 * 0,5) * 8}{1000}$$

$$\text{Ahorro en } \frac{\text{MWh}}{\text{anual}} = 120,97 \frac{\text{MWh}}{\text{anual}} \quad \text{Ecuación (16)}$$

	Disminución de consumo iluminación (kWh/año)	Disminución de consumo A/A (kWh/año)	Porcentaje de locales con A/A	Ahorro en MWh/año
Ropa y Calzado	7.708,80	14.824,62	50%	120,97
Electrodomésticos	21.497,04	14.824,62	36%	348,28
Grandes Tiendas	19.482,24	14.824,62	100%	102,92
Locales Varios	19.009,20	14.824,62	33%	215,55
Restaurantes	-	14.824,62	100%	44,47
			Ahorro Total MWh/año	832,20

Tabla 5.43 Ahorros en MWh anual obtenidos en locales encuestados

Para obtener el beneficio económico se debe de analizar los ahorros obtenidos para un período de 3 años, tal y como se hizo en el análisis de rentabilidad. Se obtiene el Ahorro en USD/año con la tasa de 0,0785 USD/kWh aplicadas al ahorro en MWh anual.

Anteriormente para cada subtipo de tienda se calculó el costo de inversión y el costo de mano de obra, en la Tabla 5.44 se resumen dichos costos. El costo de inversión más el costo de instalación para los acondicionadores de aire es de 4.339 USD para un local, este valor está afectado por el porcentaje de locales que utilizan acondicionadores de aire.

La suma del costo de inversión por luminarias más el costo de inversión de acondicionadores de aire nos da el costo de inversión para un local, este valor se multiplica por el número de locales comerciales para cada subtipo de tienda, así obtenemos el costo de inversión total.

	Costo por local		Costo de Inversión Total (USD)
	Costo de Inversión Luminaria (USD)	Costo de Inversión AA (USD)	
Ropa y Calzado	499,02	2.169,50	21.348,16
Electrodomésticos	965,28	1.549,46	32.691,64
Grandes Tiendas	965,28	4.339,00	15.912,85
Locales Varios	430,13	1.446,19	16.886,83
Restaurantes	-	13.017,00	39.051,00

Tabla 5.44 Costos de inversión en USD de locales encuestados

Se calcula el valor presente neto para un período de 3 años con una tasa de interés del 12%, con los costos de inversión dados en la Tabla 5.45 y beneficios en 3 años y un valor de salvataje dado por el acondicionador de aire de 1.987,3 USD para el año tres multiplicado por el número de tiendas que realizan el cambio y por el porcentaje de tiendas con acondicionador de aire para cada subtipo de tienda, este valor se considera para todos los subtipos de tienda.

El valor de salvataje respecto de luminarias es cero para los locales donde el reemplazo se realiza por cambio de luminarias T-8 debido a que la vida útil de estas lámparas es de tres años. Para los locales varios se realiza el reemplazo por luminaria T-5 las cuales tienen una vida útil mayor a tres años por lo tanto se considera su valor de salvataje. Se detalla a manera de ejemplo el cálculo para Ropa y Calzado.

$$VPN = \frac{9496,06}{(1 + 0,12)} + \frac{9496,06}{(1 + 0,12)^2} + \frac{9496,06}{(1 + 0,12)^3} - 21348,16 + 5658,08$$

$$VPN = 7.117,85 \text{ USD}$$

	Ahorro en USD/anual	Costo de Inversión	Ahorro Total en USD para 3 Años
Ropa y Calzado	9.496,06	21.348,16	7.117,85
Electrodomésticos	27.340,12	32.691,64	39.541,35
Grandes Tiendas	8.079,26	15.912,85	7.735,74
Locales Varios	16.920,85	16.886,83	28.162,13**
Restaurantes	3.491,20	13.017,00	-388,17*
		TOTAL	82.168,89

Tabla 5.45 Ahorro en USD de locales encuestados para un periodo de 3 años

** Se considera un valor de salvataje de 231,53 USD al año 3 debido al uso de luminarias T-

5.

* El valor negativo indica que para un período de 3 años la inversión realizada para los restaurantes aún no retorna.

De la Tabla 5.45 es de observar que en restaurantes el tiempo de análisis de 3 años es muy corto debido a la poca cantidad de locales presentes en la encuesta, por tanto la inversión realizada aún no tiene retorno, pero de manera general el Parque California se vería beneficiado si se lograra aplicar los cambios propuestos.

Los resultados obtenidos en la Tabla 5.45 para el Parque California de acuerdo en este estudio para la parte de iluminación y climatización demuestra que la sustitución por tecnología más eficiente se debe de combinar con un proceso concienciación por parte de todo el personal involucrado sea técnico o administrativo para poder lograr resultados óptimos en lo que refiere a ahorro energético.

La energía consumida en el período de un año para los locales encuestados del Parque California es de 2'378.250,21 kWh anual, lo que equivale a 186.692,6 USD anual, esta información fue recopilada en la encuesta. Con los cambios propuestos se podría lograr un ahorro de 832,2 MWh anuales lo que equivale un ahorro del 34,99% de la energía consumida durante un año.

Para los locales encuestados del Parque California en un período de 3 años se lograría ahorrar 82.168,89 USD, es decir que se obtiene un ahorro del 14,67% del consumo estimado para ese período si no se realizara cambio alguno.

5.5.2 AHORRO DE TONELADAS DE CO2 EN PARQUE CALIFORNIA.

Una vez obtenidos los MWh reducidos se calculan las posibles toneladas de CO2 que se ahorraría por aplicar los métodos de eficiencia energética presentados en este proyecto. Como se mencionó en capítulos anteriores, el factor de emisión de CO2 del sistema nacional interconectado al año 2011 para proyectos termoeléctricos e hidroeléctricos es 0,5669 tonCO2/ MWh, por lo tanto las toneladas de CO2 evitadas por ahorro en el consumo eléctrico del Parque California son:

	Ahorro en MWh/anual	Tonelada de CO2 evitadas
TOTAL	832,20	471,77

Tabla 5.46 Toneladas de CO2 evitadas

5.5.3 REMUNERACIÓN POR BONOS VERDES

Debido a la crisis económica sufrida en la Comunidad Europea (único mercado regulado para la compra y venta de los bonos de carbono), el precio de los bonos de carbono se ha visto afectado radicalmente desde el año 2008 de un valor aproximado de 23 € a un valor menor a 4€ actualmente.[22]

Asumiendo el valor de 4 € que son 5.38 USD como valor remuneración para cada tonelada de dióxido de carbono que se deja de emitir por el sector comercial, se obtendrá un valor de 2538,12 USD/anual.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Los planes de eficiencia energética que contemplan adquisición de equipos eficientes requieren de un capital inicial, que para locales comerciales pequeños el tiempo de recuperación de la inversión es corto debido a que al ser un local pequeño no se necesitan realizar muchos cambios.

2. A diferencia de los locales comerciales grandes donde la inversión es considerablemente alta debido a la gran cantidad de equipos a renovar, el tiempo de recuperación de la inversión es mayor.

3. De las visitas a los locales se observó que el sistema eléctrico de muchos de los locales se encontraban en malas condiciones. Se realizó un censo de carga (medir corriente y voltaje en los paneles de distribución) en todos los locales encuestados y en la mayoría había desbalance de carga, mal dimensionamiento de conductores y breakers, lo cual producen mayor pérdidas eléctricas y por ende un consumo no deseado de energía.

4. De acuerdo al estudio realizado, resulta rentable el reemplazo de sistema de acondicionamiento de aire eficiente. El tiempo de retorno está determinado por la inversión realizada y por el ahorro obtenido, el tamaño del local incide en una mayor inversión, por tanto el tiempo de retorno se incrementa.

5. Utilizando la energía de manera eficiente mediante la renovación de elementos y equipos consumidores de energía y realizando modificaciones a los sistemas ya instalados basándose en los requerimientos de lux dados por la Norma ecuatoriana NEC-10 y la carga de enfriamiento necesaria recomendada en Fundamentals Handbook, se obtiene beneficios para el comerciante, para el medio ambiente y para el país; en la facturación, en la reducción de emisiones de GEI y en bonos verdes respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. Ubicar varios interruptores para el encendido y apagado de las luminarias, de tal manera de evitar el encendido innecesario cuando es posible aprovechar la luz natural.
2. Dimensionar correctamente los breakers y renovar el cableado antiguo para disminuir el riesgo a cortocircuito e incendios. Realizar un balance de carga de los establecimientos.
3. Disponer de un plan de mantenimiento en luminarias y equipos acondicionamiento y refrigeración.
4. Para los locales comerciales en los cuales no es rentable realizar la inversión se recomienda concienciar al personal de apagar los equipos que no se estén utilizando.
5. Para locales con puertas abiertas se recomienda usar cortinas de aire, que crea una barrera de aire que separa el ambiente exterior del interior manteniendo así la temperatura de confort del local.
6. Mantener correctamente aislado el local de fuentes de calor como cocinas en el caso de restaurantes y de partes que no se necesita que estén climatizadas como las bodegas.

7. Realizar el respectivo mantenimiento del compresor y ductos de ventilación.

8. Revisar que el local no tenga fisuras o aberturas que permitan la fuga de aire hacia el exterior.

9. Instalar luminarias eficientes en el local, ya que las luminarias que no son eficientes irradian más calor que las luminarias eficientes, provocando así un aumento en la temperatura del local, provocando el uso excesivo del acondicionador de aire.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CONELEC, Boletín estadístico CONELEC, 2012.
- [2] Banco Central del Ecuador, Estadísticas Macroeconómicas, 2011.
- [3] Banco Central del Ecuador, Estudio Mensual de Opinión Empresarial, 2011.
- [4] Banco Central del Ecuador, Informe Mensual de Inflación, 2012.
- [5] CONELEC, Pliego Tarifario 2012, 2012.
- [6] Empresa Eléctrica de Guayaquil, Plan Estratégico 2010-2014 de la Unidad Eléctrica de Guayaquil, 2010.
- [7] Empresa Eléctrica de Guayaquil, Consumo de Energía en locales comerciales de Guayaquil, 2012.
- [8] CONELEC, Plan Maestro de Electrificación 2012-2020, 2011.
- [9] OLADE, Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables de Ecuador, 2012.
- [10] World Bank, Indicadores de Emisiones de CO₂, 2012.
- [11] Ministerio del Ambiente, Guía Ecuatoriana para la Formulación de Proyectos MDL, 2008.
- [12] International Institute for Energy Conservation, Demand Side Management Best Practice Guidebook, 2006.
- [13] CONELEC, Plan Maestro de Electrificación 2012-2020, 2011.

- [14] J. García Fernández - Oriol Boix, Luminotecnia aplicada a interiores y exteriores, 2008.
- [15] Corriente Verde, Revista Ambiental Corriente Verde, 2010.
- [16] Edward G. Pita, Acondicionamiento de Aire Principios y Sistemas, 1994.
- [17] Universidad de Navarra, Características de luminarias, disponible en:
http://www.unav.es/ted/manualted/manual_archivos/luz9_main.htm
- [18] Profesores.frc.utn.edu.ar, Lámparas y sus componentes, 2011, disponible en:
http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/InstalacionesIndustriales/Art_Interes/LampComp.pdf
- [19] Unidad ejecutiva de servicios públicos. Alcaldía mayor de Bogotá. Manual único de alumbrado público, 2009.
- [20] Comité Español de Iluminación. Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación – Centros Docentes. Madrid 2001.
- [21] UCATEE. Manual de Eficiencia Energética para MYPES. El Salvador 2011.
- [22] Asociación Chilena de Energía Renovable (ACERA), Precio de bonos de carbono, 2012, disponible en:
<http://www.acera.cl/blog/2012/05/07/se-deprime-el-mercado-de-bonos-de-carbono>

ANEXO A

CÁLCULO DEL FACTOR DE EMISIÓN DE CO₂ PARA EL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO SNI

Debido a las características operativas y de expansión del Sistema Eléctrico Ecuatoriano y con la finalidad de obtener un cálculo del factor de emisión que refleje la situación actual del Sistema Nacional Interconectado (SIN) se consideraron las siguientes particularidades.

En el caso de los sistemas eléctricos aislados su afectación es considerada a través de la demanda abastecida por la generación térmica del SIN.

Debido al déficit de energía presentado en el sistema eléctrico ecuatoriano en el último bimestre del año 2009 y principios del año 2010. El gobierno nacional incrementó el parque generador mediante la modalidad de arrendamientos, por una capacidad de 200 MW termoeléctricos, los cuales se distribuyeron en las siguientes centrales:

- Energy Internacional. Central Térmica Quevedo (130 MW).
- APR Energy, LLC. Central Térmica Santa Elena (70 MW).

Para el caso de la interconexión eléctrica con Colombia, ya que en el año 2008 existió una re-potenciación del sistema de transmisión de 230kV, se consideró la energía registrada en los medidores en barras de Ecuador por los circuitos adicionales con un factor de emisión de CO₂ igual a cero.

Se considera la expansión de la capacidad instalada en generación de 298MW, conformado por fuentes de generación Térmica e hidroeléctrica cuyo ingreso en operación se registró en el año 2010.

Pasos para la determinación del Factor de Emisión de CO₂

De acuerdo con la con la metodología ACM0002 versión V.12.1.0 “Herramienta para calcular el factor de emisión para un sistema eléctrico V.02.1.0”, en relación con la metodología de Línea Base se especifican los siguientes pasos desarrollados:

Paso 1: Identificación del sistema eléctrico relevante

Son los sistemas de distribución, generación, auto generadores, grandes consumidores e interconexiones internacionales (Colombia y Perú) que conforman el SIN.

Cabe indicar que para el presente cálculo se desprecian las generadoras aisladas y las interconexiones con Perú y Colombia.

Paso 2: Seleccionar un método de cálculo para el margen de operación

-OM-

Para el cálculo del factor de emisión de CO₂ de una red eléctrica debido a su operación denominado “margen de operación”, se presenta los siguientes métodos:

Método OM Simple

Puede ser usado solamente si la generación de energía eléctrica de las plantas de bajo costo de la red eléctrica representa menos del 50% del total de la generación.

El cálculo se lo puede realizar bajo las siguientes opciones:

- Opción A. Sobre los datos de la generación neta de electricidad y un factor de emisión de CO₂ de cada unidad de generación,
- Opción B. Sobre los datos de la generación neta de todas las centrales eléctricas conectadas la red eléctrica, tipos de combustible y

el consumo de combustible total del sistema eléctrico del proyecto.

Esta opción se puede utilizar si:

Los datos para la opción A no están disponibles, o:

Si solo las plantas nucleares y de energías renovables son consideradas como unidades de bajo costo low-cost/must-run.

Si las unidades de generación que no están conectadas a la red no son incluidas en el cálculo.

Para el caso del SNI, como se indica en la Tabla A1.1, el grupo de unidades de bajo costo representa el 63% en promedio para el periodo 2008-2010, por lo cual este método no es utilizado

	2008	2009	2010	Promedio	%
Low cost/must-run (1)	11677.15	10199.31	9571.56	10482.67	63.2%
No Low cost/must-run (2)	4409.64	6156.23	7754.04	6106.64	36.8%
Total	16086.79	16355.54	17325.61	16589.31	

Tabla A1.1 Generación de unidades low-cost/must-run

Fuente: Plantilla de cálculo "Factor Emisión_CO2_SNI_2011.xlsx" hoja GEN

Método OM Simple Ajustado

Puede ser usado solamente si la generación de energía eléctrica de las plantas de bajo costo representa más del 50% del total de generación. EL cálculo se lo puede realizar bajo las siguientes opciones:

- Opción A: basado en los datos de consumo de combustibles y la generación de energía eléctrica de cada una de las unidades o plantas de generación de energía eléctrica.
- Opción B: basado en los datos de generación eléctrica, la eficiencia promedio de cada unidad de generación y el tipo de combustible utilizado por cada unidad de generación.
- Opción C: basado en los datos de generación eléctrica total de todas la unidades de generación, tipos de combustibles y consumos que hacen parte del SIN.

Método por Análisis de Datos del Despacho

Está sujeto al nivel de información que se posee en el país, puesto a que son necesarios los datos horarios de la producción de energía.

Método del Promedio

Es calculado mediante el uso del rendimiento promedio en el periodo de análisis de la generación de todas las plantas termoeléctricas que hacen parte de la red.

De acuerdo con la conformación del Sistema Nacional Interconectado de Ecuador y los datos del sistema eléctrico disponibles, el método que se acopla a estas consideraciones es el Método OM Simple Ajustado con la opción A, en el caso de que la información por unidad sea la generación neta y su consumo de combustible; para las unidades del sistema eléctrico que no se posea esta información se utilizará la opción C, debido a que únicamente se cuenta con los datos de generación.

Paso 3: Calcular el margen de operación, de acuerdo con el método seleccionado

El factor de emisión del margen de operación por el método simple ajustado se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$EF_{grid,OM-adj,y} = (1 - \lambda_y) \times \frac{\sum_m EG_{m,y} \times EF_{EL,m,y}}{\sum_m EG_{m,y}} + \lambda_y \times \frac{\sum_k EF_{k,y} \times EF_{EL,k,y}}{\sum_k EG_{k,y}}$$

Donde:

$EF_{\text{grid,OM-adj},y}$: Factor de emisión margen de operación simple ajustada para el año y (tonCO₂/MWh).

λ_y : Factor que expresa el porcentaje de tiempo en que las unidades low-cost/must-run marginaron en el año “ y ”.

$EG_{m,y}$: Energía neta entregada a la red por cada unidad de generación m en el año y (MWh).

$EG_{k,y}$: Energía neta entregada a la red por cada unidad de generación k en el año y (MWh).

$EF_{\text{EL},m,y}$: Factor de emisión de las unidades de generación m en el año y (tonCO₂/MWh).

$EF_{\text{EL},k,y}$: Factor de emisión de las unidades de generación k en el año y (tonCO₂/MWh).

m : Todas las unidades de generación conectadas a la red a excepción de las unidades low-cost/must-run.

k : Todas las unidades de generación conectadas a la red considerada como unidades low-cost/must-run.

y : Año correspondiente a los datos utilizados.

Opción A: Si se dispone para las unidades de generación el consumo de combustible y la generación neta, el factor de emisión se determina según la siguiente ecuación:

$$EF_{EL,m,y} = \frac{\sum_i FC_{i,m,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}}{EG_{m,y}}$$

$EF_{EL,m,y}$: Factor de emisión de CO2 de la unidad de energía m en el año y (tonCO2 margen de operación simple ajustada para el año y (tonCO2/MWh).

$FC_{i,m,y}$: Cantidad de combustible fósil tipo i consumido por la unidad de energía m en el año y (unidad de masa o volumen).

$NCV_{i,y}$: Valor calorífico neto (contenido de energía) del combustible fósil tipo i en el año y (GJ/unidad de masa o volumen)

$EF_{CO2,i,y}$: Factor de emisión de CO2 de la combustible fósil i en el año y (tonCO2/GJ).

$EF_{m,y}$: Electricidad neta generada y despachada a la red eléctrica por las unidades m en el año y (MWh).

m : Todas las unidades de generación conectadas a la red.

i : Todos los combustibles fósiles i quemados en las unidades de energía m en el año y.

y: Año correspondiente al periodo de análisis.

Opción C: Si para la unidad de generación solo se tienen los datos de la energía y los tipos de combustibles, el factor de emisión debe ser determinado por medio de la siguiente ecuación:

$$EF_{EL,m,y} = \frac{EF_{CO_2,i,y}}{\eta_{m,y}} \times 3.6$$

Donde:

$EF_{EL,m,y}$: Factor de emisión de CO₂ de la unidad m en el año t (tonCO₂/MWh).

$EF_{CO_2,i,y}$: Factor de emisión de CO₂ promedio del combustible fósil tipo i utilizado en la unidad m en el año y (tonCO₂/GJ).

$\eta_{m,y}$: Eficiencia promedio en la conversión de energía neta de la unidad m en el año y.

y: Año correspondiente al periodo de análisis.

Resultados margen de operación para el año 2010

λ	0
$\lambda - 1$	1
$\sum_m EG_{m,y} \times EF_{EL,m,y}$	5887025,86 (MWh)
$\sum_m EG_{m,y}$	7760549,89 (tonCO2)
$\sum_k EF_{k,y} \times EF_{EL,k,y}$	0 (tonCO2)
$\sum_k EG_{k,y}$	8585371,67 (MWh)
$EF_{grid,OM-adj,y}$	0,7586 (tonCO2/MWh)

Tabla A1.2 Resultados del margen de operación para el año 2010

A continuación se presenta un resumen del cálculo del margen de operación del factor de emisión para el periodo 2008-2010.

	2008	2009	2010
EF OM (tonCO2/MWh)	0,7013	0,7310	0,7588

Tabla A1.3 Resultados de margen de operación resultado 2008-2010

	2008	2009	2010	Total
Generación anual (MWh)	16086,79	16355,54	17330,54	49772,38
Ponderación	32,3%	32,9%	34,8%	

Tabla A1.4 Resultados de margen de operación resultado 2008-2010

$$EF_{grid,OM} = 0,7311$$

Paso 4: Identificar el conjunto de unidades de energía a ser incluidas en el margen de construcción –BM-

A fin de determinar el componente de expansión del sistema en el factor de emisión se considera el conjunto de unidades que cumplan con las siguientes características indicadas por la metodología:

- El conjunto de cinco plantas de generación que han sido construidas recientemente, o
- El conjunto de las adiciones de capacidad en el sistema eléctrico que comprende el 20% de la generación (MWh) y que han sido construidas recientemente.

Debido a la característica del SIN de Ecuador se ha establecido la utilización de la energía acumulada al 20% del total de la demanda abastecida por la generación del SIN, con las siguientes consideraciones:

- Se considera que una unidad de generación entra en operación el día que inicia su suministro de energía a la red.
- Las plantas de generación registradas como actividades de proyecto de MDL, se excluyen de la muestra m.

- Las unidades que tienen más de 10 años de construcción se excluyen de muestra m.

$$EF_{grid,BM,y} = \frac{\sum_m EG_{m,y} \times EF_{EL,m,y}}{\sum_m EG_{m,y}}$$

Donde:

$EF_{grid,BM,y}$: Factor de emisión de CO2 del margen de construcción en el año y (tonCO2/MWh).

$EF_{EL,m,y}$: Factor de emisiones de las unidades generadoras que se encuentran en la parte superior del orden del despacho en la hora h en el año y (tonCO2/MWh).

$EG_{m,y}$: Electricidad desplazada por la actividad del proyecto en el año y.

Con estas consideraciones se obtiene el siguiente resultado considerando el año 2010 de operación del SIN.

$$EF_{grid,BM,2010} = 0,3751$$

Paso 5: Calcular el Factor de emisión del margen combinado -CM-

El factor de margen combinado representa un promedio ponderado, considerando los factores antes indicados, como se muestra en la ecuación a continuación:

$$EF_{\text{grid,CM,y}} = EF_{\text{grid,OM,y}} \times w_{\text{OM}} + EF_{\text{grid,BM,y}} \times w_{\text{BM}}$$

Donde:

$EF_{\text{grid,CM,y}}$: Factor de emisiones de CO₂ del margen combinado en el año y (tonCO₂/MWh).

$EF_{\text{grid,OM,y}}$: Factor de emisión margen de operación simple para el año y (tonCO₂/MWh).

$EF_{\text{grid,BM,y}}$: Factor de emisión margen de construcción para el año y (tonCO₂/MWh).

w_{OM} : Ponderación del factor de emisiones del margen de operación (%).

w_{BM} : Ponderación del factor de emisiones del margen de construcción (%).

Además:

Hidroeléctrica, Termoeléctrica		Energías renovables no convencionales	
w_{OM}	0,5	w_{OM}	0,75
w_{BM}	0,5	w_{BM}	0,25
$EF_{grid,CM,y}$	0,5668 tCO2/MWh	$EF_{grid,CM,y}$	0,6627 tCO2/MWh

Tabla A1.5 Factores de emisiones de CO2 para el año 2011

Entonces se puede concluir que el factor de emisión de CO2 con margen combinado es de 0,5668 tonCO2/MWh

ANEXO B

Registro de encuesta

Para recoger los datos de las encuestas realizadas se las procesó por medio de hojas de Excel donde se registró la información de los consumos de los diferentes equipos para cada local y se trató de ser lo más detallado posible con el propósito de poder determinar los porcentajes de consumo en iluminación, en climatización y en otros. Una muestra de cómo se llevó el registro de los datos recogidos por la encuesta se muestra en la Tabla B1.1

Además se utilizó un banco de preguntas por medio del cual se obtuvo las costumbres de los usuarios comerciales con respecto al uso de la energía. A continuación se muestra el banco de preguntas mencionado.

CONSUMO ELECTRICO "REMATES DE ATAQUE"

Lámparas					
Fluorescentes					
No	24	Consumo de Potencia por unidad	20	Consumo W	480
Fluorescentes					
No	36	Consumo de Potencia por unidad	40	Consumo W	1440
Fluorescentes					
No	28	Consumo de Potencia por unidad	70	Consumo W	1960
Fluorescentes					
No	4	Consumo de Potencia por unidad	110	Consumo W	440
Compresores					
No	2	Consumo de Potencia por unidad	4800	Consumo W	4800
Intensidad					
	Panel 1	Panel 2	Panel 3		
voltaje A-B	218		voltaje A-N	127	
voltaje A-C	217		voltaje B-N	127	
voltaje B-C	219		voltaje C-N	125	
la	55,6				
lb	44,7				
lc	21,9				
I neutro	5,6				
Potencia consumida W	15475,6				

RESULTADOS

Los siguientes porcentajes son de los consumos

Consumo Lámparas	28%
Compresores	31%
Otros	41%

Tabla B1.1 Registro de datos recogidos por la encuesta realizada

Local No

Iluminación

Se mantienen encendidas las lámparas durante horas de descanso del personal o periodos no productivos.	
Se mantienen encendidas las lámparas en las zonas de almacenes sin personal en el interior.	
Se encienden todas las lámparas de varias áreas con un solo interruptor.	
Se colocan las lámparas fluorescentes a gran altura desde donde la iluminación no es efectiva.	
Se encienden todas las lámparas para efectuar tareas de mantenimiento o limpieza en horarios no productivos.	
Se sobre ilumina innecesariamente algunas áreas.	
Se retiran las lámparas quemadas de las luminarias.	
Se retiran las lámparas defectuosas de las luminarias.	

Aire Acondicionado

Se suministra mayor cantidad de frío que el necesario.	
Se controla la operación durante horas de poca afluencia de personas.	
Se controlan infiltraciones a los ambientes acondicionados.	
Se ubican los equipos en zonas cercanas a fuentes de calor o expuestas al sol.	
Se programa el enfriamiento de las cargas	
Se utiliza una sola unidad de gran capacidad para atender cargas parciales.	

Sistema eléctrico

Existe consumo de energía reactiva, no se revisa el correcto funcionamiento de los bancos de compensación o no se tiene compensación de la energía reactiva.	
Falta de diagramas unifilares o no se actualizan.	
Se controla la máxima demanda en horas pico.	
Se observa un crecimiento desordenado del sistema eléctrico de la planta como producto de la exigencia del proceso.	
Se mantienen equipos obsoletos que ocasionan gran consumo de energía.	
Se utilizan conductores con muchos años de antigüedad que presentan recalentamiento, pérdidas de aislamiento y por ende fugas de corriente.	
Se controla la calidad de la energía en la planta	

Refrigeración

Se suministra mayor cantidad de frío que el necesario	
No se controlan infiltraciones a los ambientes acondicionados.	
No se controla la operación durante horas de punta	
Se ubican los equipos en zonas cercanas a fuentes de calor o expuestas al sol	
No se programa el enfriamiento de las cargas, ocasionando arranques y paradas frecuentes.	
Se utiliza una sola unidad de gran capacidad para atender cargas parciales.	