

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación **Maestría en Sistemas de Información Gerencial**

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE GESTIÓN DE LA
ENERGÍA (ELÉCTRICA) EN UN CENTRO COMERCIAL (MALL), EN
LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”

EXAMEN DE GRADO (COMPLEXIVO)

Prev obtención del grado de:

MAGISTER EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GERENCIAL

DANNY JOFFRE MAZA OCHOA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi familia.

DEDICATORIA

A mi madre.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Msg. Lenin Freire

DIRECTOR MSIG

Msg. Juan Carlos García

POR LA UNIDAD ACADÉMICA

RESUMEN

Tomando en consideración, los altos costos, que por consumo de energía eléctrica, deben cancelar mes a mes, los propietarios de centros comerciales; estos, buscan insistente y permanentemente alternativas, que, sin afectar las condiciones del entorno (confort) de dicho centro comercial, permitan disminuir cantidad de energía que sus principales sistemas (Iluminación, Climatización, Refrigeración y Generación) demandan.

La presente propuesta, tomando como referencia la norma ISO 50001, tiene como objetivo, la implementación de una solución de gestión de energía en un centro comercial. La solución que permitiría el monitoreo y control del consumo de energía, o su uso.

El alcance del presente trabajo, incluye una Auditoria Energética, al centro comercial, el respectivo diagnóstico, de la realidad actual de la infraestructura de dicho centro comercial, evaluar alternativas (planes de mejoras), que de implementarse, permitan disminuir el consumo de energía

eléctrica (y disminuir la contaminación), y presentar los resultados que evidencien el cumplimiento del objetivo.

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

BMS:	Building Management System
IDEn:	Índice de desempeño energético
LED:	Light Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz)
MALL:	Centro Comercial

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
RESUMEN	v
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO 1	1
GENERALIDADES	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL	1
1.2. SOLUCIÓN PROPUESTA	2
CAPÍTULO 2.....	4
METODOLOGÍA DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	4
2.1 ALCANCE TÉCNICO DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA	4
2.2 DESARROLLO DE LA AUDITORIA.....	4
2.2.2 ASPECTOS BÁSICOS	5

2.2.3 ANÁLISIS PREVIO Y TOMA DE DATOS	6
2.2.3 ESTADO DE LAS INSTALACIONES.....	7
2.2.4 ANÁLISIS ENERGÉTICO	8
CAPÍTULO 3.....	12
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	12
3.1. DISTRIBUCIÓN DE USO DE ENERGÍA POR SISTEMA	12
3.2. PROPUESTAS DE MEJORA.....	13
3.3. ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO ECONÓMICO.....	19
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	21
BIBLIOGRAFÍA.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Estructura de Usos y Consumos.....	9
Figura 2.2: Estructura Elemental de una Línea de Base.....	10
Figura 3.1: Consumo energético en centros comerciales	13
Figura 3.2: Propuesta de mejora Ahorro-Inversión	19
Figura 3.3: Propuesta de mejora.....	20

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Porcentaje de uso de Energía.....	12
Tabla 2: Piloto Iluminación.....	15
Tabla 3: Análisis Proyecto Piloto Iluminación	16
Tabla 4: Tipo de Luminaria.	17

INTRODUCCIÓN

La presente propuesta, tiene como objetivo, la implementación de una solución de gestión de la energía, en un centro comercial (mall), para optimizar (disminuir) el consumo de la energía eléctrica.

Tomando como referencia, el estándar ISO 50001, se iniciarían los trabajos, con una Auditoría Energética, al Centro Comercial. En primera instancia, se definen los canales de comunicación a emplearse (entre el equipo de auditoría y el cliente) y, con el compromiso de la alta gerencia, de brindar, al equipo de auditoría, los recursos necesarios (acceso a las instalaciones, acceso a la documentación necesaria, apoyo del personal del cliente a participar), se procedería con la ejecución de los trabajos.

Previa la visita a las instalaciones, se recopilaría información de contratos de servicios, facturas por consumo de energía, diagramas

Posteriormente, el equipo de auditoria, visitaría las instalaciones del centro comercial, para realizar el respectivo levantamiento de información. Se determinaría los puntos de medición, en los que se instalarían los respectivos medidores, para la toma de las lecturas, que permitirían conocer la demanda de energía eléctrica actual, de cada uno de los sistemas antes mencionados.

Una vez levantada la información en sitio, el equipo de auditores, elaboraría el respectivo diagnóstico (Contabilidad Energética) de la situación actual de la infraestructura del centro comercial. Dicha información, resumiría, los consumos de energía eléctrica, por sistemas (Línea de Base) y, en base a esta, se analizaría las posibles mejoras a implementarse. Dichas propuestas de mejora, serían analizadas tanto técnica, como económicamente, para determinar su viabilidad.

Finalmente se presentaran los resultados, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1. Descripción del problema

Debido a los altos costos que mes a mes deben pagar por consumo de energía eléctrica propietarios de los denominados centros comerciales (mañana reducen el consumo de la energía demandada (y por ende, reducir los costos de operación) por los múltiples sistemas (climatización, iluminación, refrigeración, etc.) necesarios para atender las condiciones del entorno, así como garantizar el confort a sus clientes.

Para ello, necesitan conocer:

- Cuál es la demanda real de la energía y cuál es el costo de cada sistema

- Si la infraestructura tecnológica (equipos), ha sido adecuadamente dimensionada, y si esta, responde a las expectativas de eficiencia energética.
- De qué alternativa se propone para optimizar el uso de la energía en los diferentes sistemas.

1.2. Solución propuesta

La solución propuesta, toma como base, la aplicación de la norma ISO 50001, la cual especifica los usos y consumos de la energía. El proceso, se inicia con una auditoría energética, la cual incluye levantamiento de información de campo (mediciones), recopilación de información (inventario de equipos), diagramas unifilares, y toda información con influencia en la energía, tanto a nivel de equipos, como tipos de consumos energéticos (combustibles).

También se incluye la determinación de índices de desempeño energético (IDEn), como la eficiencia energética [1].

Posteriormente, con los resultados obtenidos, se construiría una línea de base, la cual serviría, para evaluar el desempeño energético de los sistemas, y el grado de cumplimiento del objetivo propuesto.

Los resultados de la auditoria energética (constaría en el informe final), nos permitirán identificar oportunidades para ahorro de energía y, evaluar las propuestas de

Finalmente, se implantaría el Sistema de Gestión de la Energía (Eléctrica), el cual, a través de las políticas, generadas, a partir del presente trabajo, permitiría a la a :ia, dar seguimiento al control operacional del mencionado centr ial.

CAPÍTULO

METODOLOGÍA DE LA IMPLEMENTACIÓN

2.1 Alcance técnico de la Auditoría Energética

El alcance de la Auditoría Energética, considera las instalaciones de un centro comercial (mall), e incluye los sistemas de: Iluminación, Climatización, Refrigeración y Generación.

La Auditoría, será cuantitativa, e incluirá:

- Recolección de Información
- Evaluación y Análisis de Datos
- Propuesta de Mejoras

2.2 Desarrollo de la Auditoría

Previo al inicio de las actividades de la Auditoría Energética (Inicio), como tal; es necesario, informarse de la realidad de las instalaciones a

auditar. Para ello, se requiere, coordinar previamente con la alta gerencia, o el propietario del centro comercial, se brinde las facilidades y los recursos necesarios signado para la colaboración para que, el equipo de auditoria

- acceso autorizado, a las instalaciones del centro Comercial
- acceso a la documentación inherente al tema energético

2.2.2 Aspectos básicos

Inicialmente, acordar con la alta gerencia del centro comercial, los canales de comunicaciones formales a emplearse, entre el personal que realizara la auditoria, y el personal del centro comercial, asignado para atender los requerimientos de los auditores, acorde con las mejores prácticas recomendadas en las Auditorias e Comerciales [2]

- Presentación del cronograma de ejecución de las actividades relacionadas con la auditoria.
- Entrevistas con el personal.
- Solicitud de parte de los auditores, de la documentación necesaria para realizar la auditoria.
- Presentación del Informe final de la auditoria.

2.2.3 Análisis previo y toma de datos

Antes de realizar los trabajos de levantamiento de información, en sitio, es necesario obtener la siguiente información:

ELÉCTRICOS

1. Diagramas Unifilares
2. Contrato de suministro de Energía Eléctrica

A partir de este, se conseguirá datos como:

- Cía. suministradora del servicio
- Tipo de Tarifa
- Potencia Contratada
- Voltaje
- Otros

3. Facturas de servicios de electricidad

A partir de ellas, podemos determinar:

- Energía Consumida
- Utilización de Potencia Contratada
- Energía Reactiva
- Costo
- Discriminación Horaria

4. Pliegos Tarifarios

COMBUSTIBLE

1. Contrato con el proveedor de Combustible

A partir de este contrato se determinará:

- Cía. Sur
- Tipo de combustible utilizado
- Característica del Combustible

2. Factura por servicios de registro combustible

A partir de esta, podemos determinar:

- Consumo
- Costo

2.2.3 Estado de las Instalaciones

El equipo auditor, realizaría la visita a las instalaciones del centro comercial, lo que permitirá tener una visión real, del estado de las instalaciones.

Para la recolección de datos, utilizaríamos fichas pre-formateadas para recopilar, la siguiente información:

- Datos generales del centro Comercial
- Datos Sistema de Iluminación
- Datos Sistema de Climatización

- Datos Sistema de Refrigeración
- Datos Sistema de Generación

Tomando como el diagrama unifilar de las instalaciones eléctricas del centro comercial, es posible identificar los circuitos eléctricos que alimentan eléctricamente a los diferentes sistemas.

Una vez identificados dichos sistemas, se procedería a definir los puntos en los que se instalarían medidores de energía eléctrica (puntos de medición), con el propósito de medir, la demanda de energía eléctrica, de cada uno de los sistemas y almacenar dicha información en una base de datos de un Sistema de Administración de Edificios Inteligentes (BMS).

La demanda de energía eléctrica del centro comercial, es monitoreada a través de un medidor de energía eléctrica, instalado en la SE del centro comercial, en la interconexión (acometida) con el proveedor de energía eléctrica.

2.2.4 Análisis Energético (Auditoría Energética)

El propósito es clasificar el consumo energético por sistema

Se inicia por elaborar una tabla similar a la Figura 2.1, en la que se detallaría, cada uno de los sistemas, sus características, y la demanda energética de ellos [3]

Instalaciones	Equipos	Sótanos 1 a 3	Planta baja	Planta primera	Caudal (m ³ /h)	Total (unidades)	Potencia media/equipo (kW)	Potencia total instalada (kW)	Consumos
Refrigeración									
Calefacción									
ACS	Calderas	4	9	9	11.600	4	630	2.520	gasóleo
	Unidades de climatización					36	8	288	electricidad
	Bombas					22	7	154	electricidad
	Conjunto enfriadoras					6	580	3.480	electricidad
	Conjunto terminales ventilación convectiva		10	20		70	1,5	105	electricidad
CPD	Climatización independiente calefacción/refrigeración	1				1	1,1	1,1	electricidad
Iluminación	Puntos de luz x potencia(W) x n.º lámparas	600 x 58 x 2	150 x 58 x 2	150 x 58 x 2		1.800	0,058	104,4	electricidad
		200 x 36 x 2	150 x 36 x 2	150 x 36 x 2		1.000	0,036	36	electricidad
			30 x 70	30 x 70		140	0,07	9,8	electricidad
	Total (W)	84.000	30.300	30.300					electricidad
Carteles luminosos		2	30	30		62	0,5	31	electricidad
Escaleras mecánicas + Ascensores	Unidades de 30 CV	10	10	10		30	22	660	electricidad
Sistema de emergencia	Grupo electrógeno 10% total					3	300	900	gasóleo
	Calderas					1	750	750	electricidad
	Bomba					10	5,5	55	electricidad
	Alumb. (l)	8.400	3.030	3.030					electricidad
Áreas		Aparcamientos	Caleterías	Caleterías					
		Almacén	Cocinas	Cocinas					
		Aseos	Aseos	Aseos					
		Pasillos	Pasillos	Pasillos					
		CPD	Locales comerciales	Locales comerciales					
		Transformadores	Policia	Cines					

Figura 2.1: Estructura de Usos y Consumos

A partir de esta, se elaboraría la "línea de base", como se puede observar en la Figura 2.2.

Inventario instalaciones y equipos			Áreas de actividad	Indicadores de desempeño energético				
			Área 1	Intensidad energética (energía/unidad económica relevante)	Eficiencia energética	Otros 1	Otros 2
Instalación 1	equipo 1	combu						
		combu						
		energí						
		otros c						
		equipo 2						
	3							
	4							
	5							
	...							
Instalación 2	equipo 1							
		equipo 2						
		3						
		4						
		5						
	...							
Instalación n	equipo 1							
		equipo 2						
		3						
		4						
		5						
	...		Área 2					
Instalación 1	equipo 1	combustible 1						
		combustible n						
		energía eléctrica 1						
		otros consumos						
		equipo 2						
		3						
		4						
		5						
		...						
	Instalación 2	ec						
ec								
4								
5								
	...							
Instalación n	equipo 1							
		equipo 2						
		3						
		4						
		5						
			Área n					

Figura 2.2: Estructura Elemental de una Línea de Base

Si posterior a la Auditoria Energética, el cliente desea implementar las mejoras a proponerse, entonces, se debe

Base", sería el punto de partida, para darle seguimiento, a las mejoras propuestas, permitiendo, evidenciar si los resultados a obtenerse, corresponden a los esperados, y, en qué medida se cumpliría con el puesto.

CAPÍTULO

ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Distribución de uso de energía por sistema

Considerando los datos referenciales, en base a estadísticas obtenidas de análisis de casos, Guía de Auditorías Energéticas a Centros Comerciales, puede observarse que, de la demanda total de energía, esta, se distribuirá de la siguiente manera como aparece en la Tabla 1

Tabla 1: Porcentaje de uso de Energía

USO	GRANDES ALMACENES	HIPERMERCADOS	CENTROS COMERCIALES
Iluminación	38 – 41%	38 – 40%	41 – 42%
Climatización	43 – 46%	47 – 53%	47 – 51%
Transporte mecánico	7%	1 – 2 %	4 – 5%
Frío industrial	3 – 4%	5 – 6%	1%
Otros usos	5 – 6%	2 – 6%	

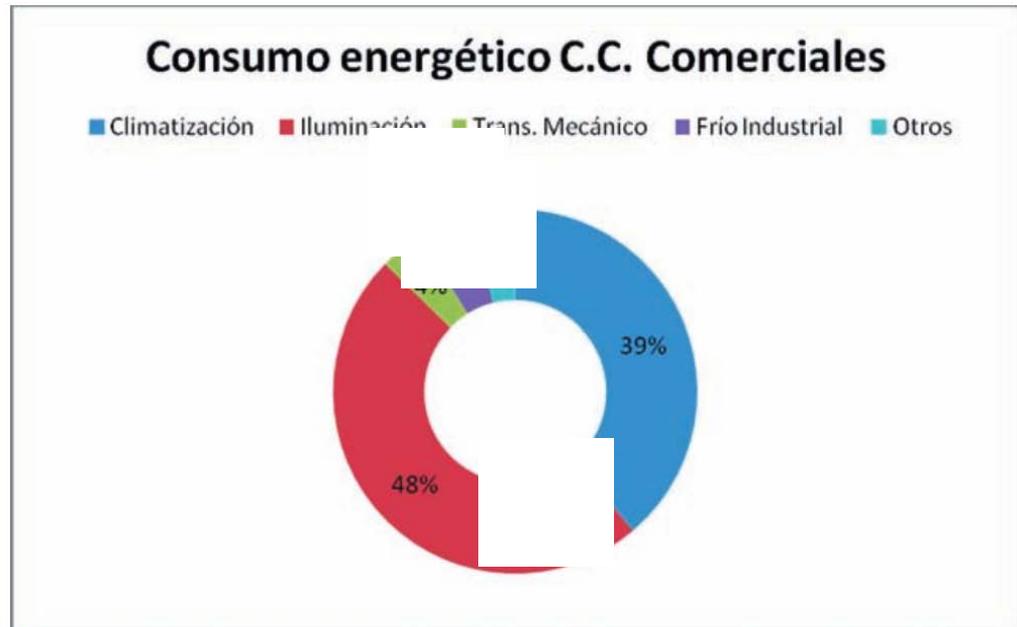


Figura 3.1: Consumo energético en centros comerciales

3.2. Propuestas de mejora

La norma establece que los objetivos deben obtenerse a través del ahorro y el uso eficiente de la energía.

Las mejores prácticas indican que se debe indicar el estado actual del sistema, motivo de la recomendación junto con una estimación del ahorro alcanzable.

Los criterios a considerar en el análisis incluirían:

- Estado actual
- Mejora propuesta

- Descripción de la situación futura
- Ahorro Energético anual previsto
- Presentación de los
- Indicación de variables tales
- Indicación de factores económico

Con este antecedente, y con el propósito de ejemplificar la aplicación de dichos criterios, se procedería a , en la propuesta de mejora del Sistema de Iluminación:

Sistema de Iluminación

Estado Actual

- Utiliza luminarias que utilizan el vapor de Sodio
- Muchas luminarias se encuentran defectuosas y otras no funcionan
- Sistema de iluminación, control ON/OFF, local, y por circuitos en tableros.
- No existe detectores de movimiento para control eficiente de áreas a iluminar.
- No existe sistema automático de control de cortinas con sensores
- No existe sistema para monitoreo y control centraliz)

Propuesta de Mejora

La propuesta, sería la de reemplazar las actuales luminarias de Sodio, por otras tipo LED. Este cambio permitiría el ahorro de energía, y una menor contaminación del ambiente.

La tarifa por consumo de energía eléctrica, estaría basada en la categorización del centro comercial, la que de acuerdo al análisis del documento Pliegos Tarifarios, estaría en "TARIFA DE ALTA TENSIÓN CON REGISTRADOR DE CARGA HORARIA PARA INDUSTRIALES", lo cual sería comunicada, por la factura emitida por el proveedor del servicio eléctrico [4]

Análisis

El proyecto piloto, incluye áreas a iluminar, como aparece en la Tabla 2

Tabla 2: Piloto Iluminación

PILOTO ILUMIN	400W	250W	100W
ÁREA 1	90	9	21
ÁREA 2	59	87	18
ÁREA 3	26	31	121
SUB TOTAL	175	127	160

A continuación, realizaríamos los cálculos de consumo, índice de desempeño energético (IDEn), ahorros, y costo del servicio, como constan en la Tabla 3.

Tabla 3: Análisis Proyecto Piloto Iluminación

CARACTERÍSTICA	HPS		LED o eHID		
POTENCIA (W)	250	100	150	100	70
NUMERO DE LUMINARIAS POR ÁREAS PILOTO	127	160	175	127	160
MONITOREO Y CONTROL REMOTO	SI	SI	SI	SI	SI
ANUAL					
ILUMINADO HORAS POR DÍA	12	12	12	12	12
365 DÍAS	365		365	365	365
CONSUMO ENERGÍA (Kwh)	367.920		84.096	126.473	61.189
INDICADOR DE DESEMPEÑO: IDEn (Kwh)			618.894		241.623
AHORRO(Kwh)		377.271			
AHORRO %			61%		
COSTO (\$)			26.409		

Para calcular, las emisiones de CO₂, se multiplica el consumo de energía, por el FE (FE consumo = 0,27 tCO₂/MWh).

Para nuestro ejemplo, serían:

Para las luminarias Sodio:

Emisión CO₂ (lámparas Sodio) = 167.10 Toneladas de CO₂ por año

Para las luminarias LED:

Emisión CO₂ (lámparas LED) = 65.23 Toneladas de CO₂ |

Posteriormente, se realizaría el análisis de los costos de la solución, con luminarias LED. Cuyo detalle aparece a continuación en la Tabla 4

Tabla 4: Tipo de Lumina

TIPO LUMINARIA	PRECIO U	CANTIDAD	PRECIO T
LED light head 150W	\$492,0	175	\$86.100,0
LED light head 120W	\$456,0	127	\$57.912,0
LED light head 90W	\$421,0	160	\$67.360,0
TOTAL		462	\$211.372,0

Similar procedimiento se realizaría para aplicar los criterios de mejoras, al análisis de los sistemas de Climatización, Refrigeración y Generación

Sistema de Climatización

Estado Actual

- Ductos en mal estado
- Termostatos
- No existe sistema de monitoreo y control automático.

Propuesta de Mejora

- Reemplazar sensores de temperatura (termostatos), dañados.
- Instalar nuevo sistema de control automático (válvula y termostato)

Sistema de Refrigeración

Estado Actual

- Ductos en mal estado
- No existen dispositivos de detección de puertas abiertas en áreas de refrigeración.
- No existe sistema de monitoreo y control automático.

Propuesta de Mejora

- En general, reemplazar los equipos actuales, por otros de mayor eficiencia.
- Incorporación de dispositivos de detección de puertas abiertas

Sistema de Generación

Estado Actual

- No existe programa de mantenimiento regular, solo bajo demanda
- Utiliza combustible Diésel
- Son utilizados para atender la demanda de energía en horas pico, para controlar picos que incrementan la facturación.

Propuesta de Mejora

- Mantenimientos periódicos, para mejorar la eficiencia.
- Limitar su utilización, a eventos de interrupción del servicio.

3.3. Estudio de viabilidad técnico económico

En términos generales, y considerando, que las mejoras propuestas, contemplarían alternativa: modernización de los sistemas instalados (ya hace 15 o 20 años), la cual podría ser en algunos casos, el reemplazo de dichos sistemas por sistemas actuales (los cuales incluirían el uso de sensores, controles automáticos y la implementación de un BMS), cuyos componentes son la mayoría amigables con el medio ambiente. Compañías como Schneider Electric, poseen amplia gama de productos para atender la demanda de estas soluciones. [5]

Finalmente, las tendencias, en ese sentido, arrojarían resultados, como los que aparecen en la Figura 3.2

	Anualmente	Ahorro	Inversión
		Instalación lámparas de ahorro y LED	1.600
Instalación de dispositivos de control de iluminación y apagado automático	600	300	
Revestimiento de tuberías con traceado aislante	400	350	
Sustitución de vehículos por eléctricos	1.300	700	
Instalación dobles puertas y falsos techos	900	400	
Sustitución de combustible gasóleo gas natural	1.800	600	
Instalación de cogeneración	4.000	3.000	

Figura 3.2: Propuesta de mejora Ahorro-Inversión

O como en la Figura 3.3

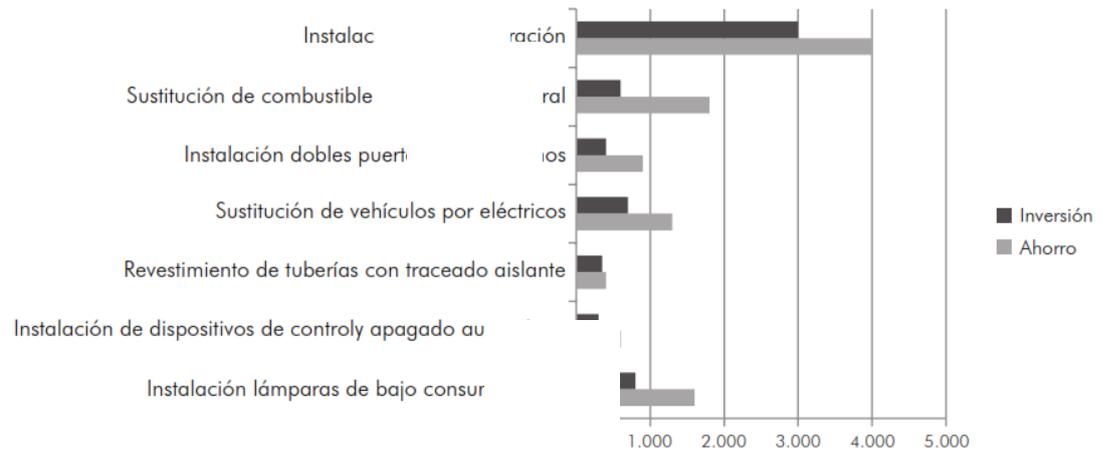


Figura 3.3: Propuesta de mejora

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Considerando que el tiempo promedio de construcción de los centros comerciales en Guayaquil, oscila entre 10 a 25 años, se evidencia una significativa diferencia, en cuanto a la infraestructura de sus sistemas de Iluminación, Climatización Refrigeración y Generación, motivo por el que para emitir las conclusiones es necesario, clasificarlos, por franjas de tiempo en que fueron construidos, sin embargo, para nuestro análisis, tomamos como referencia aquellos que fueron construidos aproximadamente hace 10 años.

1. Las instalaciones del centro comercial, requieren mantenimiento.
2. Los sistemas actuales (Iluminación, Climatización, Refrigeración y Generación), analizados, poseen limitadas características, lo referente a esquemas de control, lo que limita la posibilidad de

implementar mecanismos de optimización de la energía eléctrica, de forma nativa.

3. Algunos componentes de los sistemas, no son eficientes y generan mayor contaminación al medio ambiente, como es el caso del tipo de luminaria (de Sodio), en el sistema de Iluminación.
4. No existe un sistema de monitoreo del consumo de energía eléctrica

Recomendaciones

1. Implementar un programa de mantenimiento regular a las instalaciones del centro comercial, que incluya el reemplazo de partes y piezas en mal estado.
2. Instalar dispositivos de detección de puertas abiertas, en áreas de refrigeración.
3. Instalar sensores de movimiento, para optimizar el control de los sistemas de climatización e iluminación.
4. Reemplazar las luminarias (lámparas), de Sodio, por luminarias LED, las cuales son más eficientes que las de Sodio, y brindaran un doble beneficio, ahorro de energía, y disminución de la contaminación ambiental [5].
5. Implementar un I
6. Implementar un Sistema de Gestión de la Energía, que establecerá las reglas y/o procedimientos, que permitirán el uso y control eficiente de la energía en el centro comercial.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Delgado, Jorge, Eficiencia Energética en la industrial de Lácteos San Antonio de la ciudad de Cuenca, <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/1932/1/TESIS.pdf>, fecha de consulta Septiembre 2015

[2] Fenercom, Guía de Auditorías Energéticas en Centros Comerciales, www.fenercom.com/.../guia-de-auditorias-energeticas-en-locales-comerciales.pdf, fecha de consulta Septiembre 2015

[3] Carretero, Antor *Guía de la Eficiencia Energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora*, Aenor 1ra Ed, 2012

[4] Conelec, Pliego Tarifario para empresas eléctricas de distribución http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc_10332_PLIEGO_TARIFARIO_2013.pdf, fecha de consulta Septiembre 2015

[5] Schneider, Guía Soluciones Eficiencia Energética,
<https://www.schneiderelectric.es/documents/local/soluciones/Guia-soluciones-eficiencia-energetica-2a-edicion.pdf>, fecha de consulta
Septiembre 2015