

Análisis de parámetros técnicos en eficiencia de iluminación para el edificio matriz de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

M. A. Dávila E. F. Durán

Universidad Politécnica Salesiana

Resumen— Análisis energético realizado en las instalaciones de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. de la ciudad de Cuenca. Alternativas de ahorro para disminuir el consumo energético en iluminación. Incidencia del reemplazo de lámparas T8 por T5 sobre el índice de eficiencia energética de la instalación.

Palabras clave— Eficiencia Energética, Eficiencia en Iluminación, Lámparas fluorescentes, Índice de eficiencia energética.

Abstract— An energy analysis was performed on the facilities of the Empresa Eléctrica Regional Centro Sur. S.A. (Central South Regional Electrical Company) in Cuenca city. Savings alternatives to reduce energy consumption from lighting. The incidence of replacing T8 lamps with T5 lamps on the location's energy efficiency index.

Index Terms— Energy Efficiency, Lighting Efficiency, Fluorescent Lighting, Energy Efficiency Index.

1. INTRODUCCIÓN

La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, como ejemplo para sus clientes y para la sociedad, siempre se ha preocupado de disminuir el consumo energético durante sus actividades, y así evitar la mala utilización de recursos. Para esto, se han realizado varios análisis dentro del edificio matriz, con el objeto de determinar los puntos de consumo energético ineficientes o sobreutilizados.

Como un complemento a estos de estudios, en el presente documento, se presenta un análisis enfocado en el sistema de iluminación, y la utilización de equipos de oficina como computadores e impresoras. El análisis presentado, pretende encaminar un procedimiento de auditoría energética dentro de la empresa, para lograr los menores índices de consumo.

En el capítulo II se indica la situación actual del sistema de iluminación de la empresa y se realiza una simulación para obtener los parámetros requeridos

para aplicar los criterios de ahorro. En el capítulo III se aplican los criterios de ahorro en iluminación, en cargas puntuales y la utilización de sensores de movimiento. Se aplican los diferentes criterios de eficiencia y se obtiene el ahorro económico generado. En el capítulo IV se resume los resultados obtenidos al aplicar los sistemas y criterios de ahorro y se realiza un análisis económico de la alternativa de cambiar las lámparas T8 por T5 y su incidencia en el índice de eficiencia energética de la instalación de iluminación.

2. INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN PRESENTES EN EL EDIFICIO

Las instalaciones de iluminación del edificio de la CENTROSUR, está predominado por luminarias fluorescentes con boquilla tipo T8. Para obtener un ahorro energético considerable, se analizará la opción de sustituir las lámparas fluorescentes T8 por lámparas fluorescentes T5 (fig.1).



Figura 1: Diferencia entre lámparas T12, T8 y T5 [8]

Para dicho análisis, se seleccionó la planta baja del edificio matriz para el cálculo referencial. Esta selección se realizó por las siguientes características:

- La planta baja es dedicada a la atención al cliente
- En esta planta se ubica el cuarto de telecomunicaciones.
- En este piso se encuentran departamentos de vital importancia, tal es el caso del

Departamento de Supervisión y Operación, el Centro de Operación de la Distribución, oficinas de alumbrado público, puntos de pago, etc.

2.1. Situación actual en iluminación

En el análisis lumínico, se utilizó el software DIALUX con el modelo en tres dimensiones de la instalación (fig.2). Utilizando los datos presentes en el levantamiento previamente realizado por la empresa HRG, Ingeniería y servicios; y, mediante una inspección en sitio, se identificaron cuatro tipos de luminarias existentes en la instalación (tabla 1).

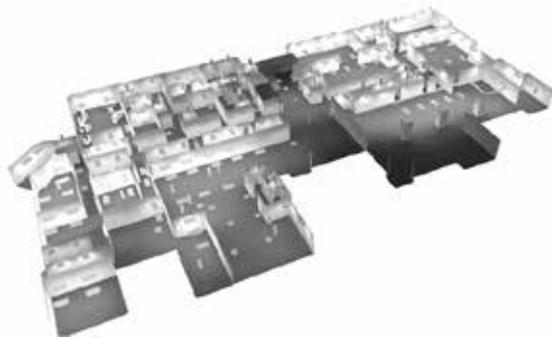


Figura 2: Modelo tridimensional

Tabla 1: Luminarias existentes en la planta baja

Luminaria x n° lámparas	Código	Fabricante	N. de luminarias existentes
Fluorescente x 3 T8	fo17/4100	Sylvania	60
Fluorescente x 3 T8	fo32t8/4100	Sylvania	123
Fluorescente x 2 T8	fo32t8/4100	Sylvania	22
Compacta fluorescente	varios modelos	Osram	64

Con estos valores, se realizó la simulación del sistema de iluminación actual en la CENTROSUR. Esto se realizó con luminarias virtuales de gran similitud a las utilizadas en la instalación real (tabla 2)

Tabla 2: . Lista de luminarias simuladas

Lista de luminarias			
N°	Designación (factor de corrección)	lúmenes x luminaria [lm]	Potencia luminaria [w]
60	Fluorescente 18W, 3 lámparas, 120mm, T8	2918	54
123	Fluorescente 32W, 3 lámparas, 120mm, T8	5950	96
22	Fluorescente 32W, 2 lámparas, 58mm, T8	3680	64
64	Lámpara compacta fluorescente, 25W	1341	25

Una vez ubicadas todas las luminarias, se realizó la simulación con lo cual se pudo obtener la distribución lumínica en la edificación (fig. 3). Como podemos observar en la tabla 3, la luminancia media está dentro de los límites establecidos . Otro factor importante

que debemos analizar es la eficacia de iluminación en cuanto se refiere a la iluminación directa o indirecta.

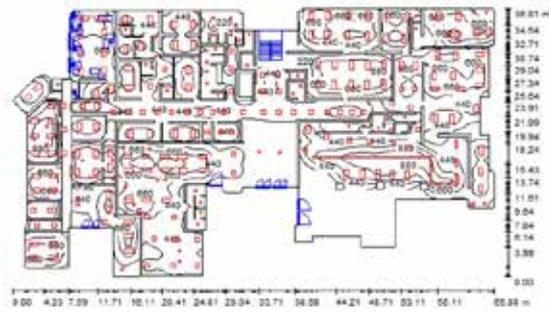


Figura 3: Distribución isolumínica actual

Tabla 3: Resultados de la simulación: Iluminancias medias

Simulación de situación actual					
Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min}/E_m
Plano útil	/	406	6.17	1089	0.015
Suelo	20	354	5.76	891	0.016
Techo	70	71	6.89	209	0.097
Paredes	50	165	4.1	956	0.025

Para esto se debe tener en cuenta que en una instalación eficaz y eficiente, siempre se preferirá la iluminación directa al puesto de trabajo, o al área en la que se requiera dicha iluminación. La iluminación indirecta constituye pérdidas, pues no influye directamente en la comodidad visual del usuario. En la tabla 4 se muestra la eficacia de iluminación de la instalación, junto con las pérdidas lumínicas establecidas.

Tabla 4: . Eficacia de iluminación existente

Eficacia de iluminación					
Superficie	Intensidad lumínica media [lx]				Grado de reflexión [%]
	Directo	Indirecto	Total	Pérdidas	
Plano útil	357	50	407	12.29%	/
Suelo	295	59	354	16.67%	20
Techo	0.01	71	71.01	99.98%	70
Paredes	136	55	191	28.80%	50

Con estos valores, podemos proceder al cálculo de las potencias consumidas en la instalación, y la energía consumida que tendrá su repercusión directa en la planilla de pago. En la tabla 5 observamos las potencias consumidas por cada tipo de luminaria existente en la instalación.

Tabla 5: . Potencia total consumida existente

Potencia total consumida con luminarias tipo T8				
Luminaria	N. de lámparas	Potencia lámpara [W]	Potencia a luminaria [W]	Potencia consumida por tipo [W]
Fluorescente x 3 T8	60	18	54	3240
Fluorescente x 3 T8	123	32	96	11808
Fluorescente x 2 T8	22	32	64	1408
Compacta fluorescente	64	25	25	1600
TOTAL				18056

Otro factor importante es el cumplimiento del UGR (Índice de deslumbramiento unificado), el cual debe cumplir con la norma UNE 12464-1, cuyos límites máximos en oficinas se muestran en la tabla 6

Tabla 6: . Límite de iluminancias y UGR en oficinas [2]

Tipo de interior, tarea y actividad	Em Lux	UGR
Archivo, copias, etc.	300	19
Escritura, escritura a máquina, lectura y tratamiento de datos	500	19
Dibujo técnico	750	16
Puestos de trabajo de CAD	500	19
Salas de conferencias y reuniones	500	19
Mostrador de recepción	300	22
Archivos	200	25

Con la simulación en Dialux se observa que se cumplen los requerimientos de la norma. (UGR=17 y Em=505). Es decir, la instalación existente cumple con el diseño lumínico requerido para actividades de escritura y tratamiento de datos.

2.2. Consumo energético de luminarias

La CENTROSUR, al ser una empresa privada al servicio de la ciudadanía, labora normalmente desde las 8h00 hasta las 16h30, pero además el personal encargado de atención de reclamos, y el personal de mantenimiento del edificio laboran fuera de horarios normales de oficina, siendo esto un porcentaje considerable (tabla 7).

Tabla 7: . Datos de utilización de las instalaciones de iluminación del edificio matriz de la CENTROSUR

Descripción	Horas laboradas	Utilización
Horario de atención normal	9 horas	100%
Horario de turnos	8 horas	30%
Horarios extras	5 horas	14%

Por lo tanto, se utilizarán aproximadamente 4 horas más de iluminación además de las presentes en el horario de atención normal, es decir:

Horas de uso por día=13 horas

Días de uso al mes=24 días

Con estos valores calculamos el consumo mensual de la instalación con la ecuación 1.

Consumo mensual

$$= \frac{\text{Potencia(W)} \cdot \text{horas de uso por día} \cdot \text{días de uso al mes}}{1000} \quad (1)$$

Consumo mensual=5633.47Kwh/mes

Teniendo en cuenta un costo de \$0.08 por kwh, se tiene:

$$\text{Costo mensual} = \text{consumo mensual} \cdot \text{costo por Kwh} \quad (2)$$

Costo mensual=\$450.68/mes

Costo anual=\$5408.13

3. ANÁLISIS DE CONSUMO DE ENERGÍA EN OFICINAS Y SOLUCIONES ENERGÉTICAS

Los sistemas principales de consumo energético en las instalaciones en edificios de oficinas son:

- Iluminación
- Equipamiento específico: Ordenadores, Impresora, etc.
- Equipamiento general: neveras, cafeteras, etc.
- Se empezó por el inventario de los equipos existentes, la potencia nominal de cada uno de ellos y su utilización. Este último parámetro permite determinar el factor de simultaneidad en cada una de las etapas de la jornada laboral. El propósito es conocer la potencia máxima que realmente se utiliza, y establecer si modificando el régimen de funcionamiento de determinados equipos, puede disminuirse el consumo energético (tabla 8).

Tabla 8: Principales consumidores energéticos dentro del edificio

Concepto	Tipo de equipo	Energía consumida (Kwh)	Costo
Iluminación	Fluorescente x 3 TS	1010.88	\$80.87
	Fluorescente x 3 TS	3684.096	\$294.73
	Fluorescente x 2 TS	439.296	\$35.14
	Compacta	499.2	\$39.94
Equipamiento específico	Computadores	3588	\$311.04
	Impresoras	2016	\$161.28
Equipamiento general	Neveras	134.4	\$10.75
	Cafeteras	432	\$34.56
TOTAL		12103.872	\$968.31

En general, las instalaciones de la CENTROSUR son eficientes energéticamente, pero este panorama puede mejorar tomando en cuenta ciertas modificaciones como el uso de luminarias fluorescentes tipo T5. Otro análisis que se debe realizar es la utilización de sensores de movimiento o presencia en pasillos y gradas, pues en horarios fuera de oficina, las luminarias en estos sectores permanecen encendidas innecesariamente.

3.1. Control de equipos ofimáticos

Siempre que sea posible, se deben adquirir equipos con sistemas de ahorro de energía (por ejemplo "Energy Star") que incorporan un modo de "stand by" o espera, que se activa cuando el equipo lleva un tiempo programable sin ser utilizado. En este modo,



el consumo de energía es hasta un 17% inferior al que se produce en modo normal [9].

En la CENTROSUR recientemente se adquirieron equipos LEXMARK, los cuales cuentan con la opción del ECO-MODE, es decir, que pueden entrar en modo de bajo consumo luego de un tiempo de inactividad. Además, se pueden tomar medidas de corrección en otros equipos para disminuir el consumo de energía:

- Apagado de computadores mediante direccionamiento IP.
- Activación del modo ecológico en todos los equipos que permitan esta configuración
- Utilizar un salvapantallas de color negro en todos los monitores.

3.2. Aplicación de soluciones de eficiencia en iluminación

Algunas medidas que se pueden tomar para la disminución del consumo energético en iluminación [3] son:

- Colocar detectores de presencia en pasillos o garajes.
- Iluminar directamente los puestos de trabajo (iluminación localizada).
- Aprovechar al máximo la luz natural, empleando sensores de luz ubicados cerca de las ventanas.

Los resultados de estas soluciones de ahorro energético se pueden observar en la tabla 9.

Tabla 9: Opciones de mejoras en iluminación [4]

Sistema Equipo	Mejoras Posibles	Acción	Ahorro estimado
Iluminación zonas auxiliares.	Pasillos, lavabos, sótanos, etc. Reducción del tiempo de uso.	Incorporando temporizadores o detectores de presencia.	60%
Iluminación interior fluorescentes	Disminución del consumo y de la potencia de encendido.	Cambio de las reactancias convencionales por balastros electrónicos de alta frecuencia.	20%
Iluminación interior incandescentes	Disminución del consumo y de la potencia de encendido.	Cambio a lámparas compactas fluorescentes.	85%

En el presente análisis, no se considera el cambio de lámparas incandescentes por lámparas compactas fluorescentes pues después de un recorrido por el edificio, se observó que actualmente todas las instalaciones que requieren de una bombilla incandescente ya han sido reemplazadas por una lámpara compacta.

Las luminarias tipo T5 son una alternativa para la eficiencia energética de edificios, pero su costo aún es muy elevado en comparación con las luminarias tipo T8. Normalmente se cree que el cambio de T5 a T8 beneficiará inmediatamente al rendimiento de la instalación, pero no siempre es así. Para optar por un

tipo de luminaria u otra, debemos analizar los factores que diferencian a ambos tipos de luminarias (tabla 10).

Tabla 10: Comparación de lámparas fluorescentes T8 y T5 [3,4,6]

Factor	Lámpara fluorescente	
	T8	T5
Índice de renderizado de color	85	90
Lúmenes por Vatio	92	103
Co-eficiencia de utilización	0.76	0.9
Eficiencia en comparación con T12	40%	51%
Performance en climas extremos	comprobado	en estudios
Costo referencial por lámpara	\$1.75-\$2.50	\$5.50-\$10.50
Lúmenes iniciales	1150 lm	1230 lm
Depreciación lumínica	25%	4%
Eficacia lumínica lámpara-luminaria	75lm/W	100lm/W
Uso de mercurio en la fabricación	9-12 mg	< 2 mg
Pico de eficiencia por temperatura	25°C	35°C
Tiempo de vida de la lámpara	20000 horas	16000 horas
Lúmenes finales	91 lm	88 lm

Debido a que las lámparas T5 tienen un mejor rendimiento lumínico superior a las lámparas T8, las potencias utilizadas pueden ser menores y alcanzar una iluminancia media igual. En este caso se hicieron las siguientes modificaciones:

- Lámpara de 32W T8 sustituida por lámpara de 28W T5
- Lámpara de 18W T8 sustituida por lámpara de 14W T5

Con estos cambios se realizó la simulación respectiva, con lo que se obtuvo el plano isolumínico (fig.4).



Figura 4: Distribución isolumínica con lámparas t5

Las luminarias utilizadas en la simulación tienen las características mostradas en la tabla 11 y los resultados de la simulación se muestran en la tabla 12.

Tabla 11: Características de las luminarias T5

Lista de luminarias T5				
Piezas	Designación (factor de corrección)	lúmenes x luminaria [lm]	lúmenes x lámpara [lm]	Potencia luminaria [w]
60	Fluorescente 14W, 3 lámparas, 120mm, T5	2553	3600	42
123	Fluorescente 28W, 3 lámparas, 120mm, T5	6123	7800	84
22	Fluorescente 28W, 2 lámparas, 58mm, T5	1509	2600	56
64	Lámpara compacta fluorescente, 25W	1341	2500	25

Tabla 12: Iluminancias medias con lámparas T5

Simulación de situación actual					
Superficie	p[%]	Em[lx]	Emin[lx]	Emax[lx]	Emin/Em
Plano útil	/	400	4.28	1227	0.022
Suelo	20	347	5.1	990	0.015
Techo	70	59	4.88	155	0.083
Paredes	50	145	2.53	1059	0.017

En la tabla 13 se muestra la eficacia de iluminación de la instalación proyectada, junto con las pérdidas lúminicas establecidas.

Tabla 13: . Eficacia de iluminación proyectada

Calidad de iluminación				
Superficie	Intensidad lumínica media [lx]			Grado de reflexión [%]
	Directo	Indirecto	Total	
Plano útil	338	42	400	/
Suelo	295	52	347	20
Techo	0.01	59	59	70
Paredes	118	49	167	50

Como podemos observar, no existe mayor diferencia entre las luminancias obtenidas con luminarias T8 y con las obtenidas con luminarias T5 de menor potencia. En la tabla 14 observamos las potencias consumidas por cada tipo de luminaria proyectada en la instalación.

Tabla 14: Eficacia de iluminación proyectada

Potencia total consumida con luminarias tipo T5				
Luminaria	N	Potencia lámpara [W]	Potencia luminaria [W]	Potencia consumida [W]
Fluorescente x 1 T5	60	14	42	2520
Fluorescente x 3 T5	123	28	84	10332
Fluorescente x 2 T5	22	28	56	1232
Compacta fluorescente	64	25	25	1600
			TOTAL	15684

Utilizando los mismos parámetros calculados anteriormente, el consumo energético se calcula mediante las ecuaciones 1 y 2.

$$\text{Consumo mensual} = 4893.41 \text{Kwh/mes}$$

$$\text{Costo mensual} = \$391.47/\text{mes}$$

$$\text{Costo anual} = \$4697.67$$

Por lo tanto, las luminarias T5 son \$710.46 más económicas en un año que las luminarias T8, es decir, un 13% de ahorro.

El cambio de lámparas T8 por T5, como se ha mencionado anteriormente tiene un valor elevado. Para tener una referencia del costo por cambio del conjunto lámpara-soportes-balasto, los costos unitarios y totales (tomando en cuenta el cambio total de las lámparas de la planta baja) por concepto de materiales son los mostrados en la tabla 15.

Tabla 15: Cotización de los materiales involucrados para el cambio de luminarias en la planta baja

Cantidad	Descripción	Proveedor	Valor Unitario	Valor total
413	Tubo Fluorescente 28W T5	Electro Instalaciones	\$1.36	\$561.68
180	Tubo Fluorescente 14W T5	Electro Instalaciones	\$3.48	\$626.40
145	Balasto Electrónico para 3 lámparas	Electro Instalaciones	\$17.00	\$2,465.00
1186	Soporte para lámpara T5	Electro Instalaciones	\$1.50	\$1,779.00
			TOTAL	\$5,432.08

Como podemos observar, la solución es cinco veces más costosa que el pago total de iluminación de la zona de análisis durante un año.

Es una norma europea que establece las exigencias básicas de calidad, seguridad y habitabilidad de los edificios y sus instalaciones, emitida mediante el Real Decreto 314/2006. Para un proyecto de mejoras, se deben verificar los siguientes parámetros:

- Cálculo del valor de eficiencia energética de la instalación VEEI
- Comprobación de la existencia del sistema de control y regulación que optimice el aprovechamiento de luz natural
- Verificación de la existencia de un plan de mantenimiento
- Para cada zona debe figurar, junto con los cálculos justificativos, la siguiente información: Índice del local (K) utilizado en el cálculo, número de puntos considerados, factor de mantenimiento previsto (Fm), Iluminancia media mantenida (Em), índice de deslumbramiento unificado (UGR), índice de rendimiento del color (Ra), el valor de eficiencia energética de la instalación y las potencias de los conjuntos formados por lámpara más equipo auxiliar.

El VEEI es el valor definido como la potencia de iluminación que se induce en una superficie específica [10] (Ecuación 3).

$$= \frac{\text{Potencia de iluminación} \times 100}{\text{Superficie iluminada (m}^2\text{)} \times \text{iluminancia media mantenida}} \quad (3)$$

Para el caso actual, es decir, con lámparas tipo T8, se tiene:



$$VEEI = \frac{18056 \times 100}{1844.40 \times 406}$$

$$VEEI = 2.41 \left[\frac{W}{m^2} \right] \text{ por cada 100 luxes} \quad (4)$$

En caso de sustituir todas las lámparas T8 por tipo T5, sería:

$$VEEI = \frac{15684 \times 100}{1844.40 \times 400}$$

$$VEEI = 2.09 \left[\frac{W}{m^2} \right] \text{ por cada 100 luxes} \quad (5)$$

Para este valor se establecen unos valores mínimos, diferenciándose en los edificios dos tipos de zona. Las de representación y las de no representación [10]. “Se entienden por zonas de representación aquellas donde el criterio de diseño, imagen o estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética. Por el contrario, zonas de no representación son aquellas donde los criterios como el nivel de iluminación, confort visual, seguridad y eficiencia energética son más importantes que cualquier otro criterio” [10]. En el caso de la CENTROSUR, se requiere cumplir con los criterios de las zonas de no representación, para las cuales el VEEI límite está dado por los valores presentes en la tabla 16.

Tabla 16: Valores límites de eficiencia energética de la instalación [10]

Grupo	Zona de actividad diferenciada	VEEI límite
Zona de no representación	Administrativo en general	3.5
	Aulas y laboratorios	4
	Zonas comunes	4.5
	Almacenes, archivos, salas técnicas	5
Zona de representación	Administrativo en general	6
	Zonas comunes residenciales	7.5
	Auditorios	10
	Zonas comunes	10

Por lo tanto, el valor de VEEI alcanzado con las luminarias T5 se aproxima de mejor manera a los valores límites establecidos.

4. RESUMEN DE ACTIVIDADES A REALIZAR PARA DISMINUIR EL CONSUMO ENERGÉTICO

Una vez realizado el análisis de propuestas de ahorro energético, a continuación se resumirán cada solución con su respectivo aporte (ahorro en planilla). Cabe

recaltar que todas las soluciones son aproximaciones de ahorro, pues los análisis están basados en potencias promedio de consumo en cuanto a equipos de oficina, y a iluminancias promedio dadas por las lámparas T5.

4.1. Ahorro en iluminación con sustitución de lámparas fluorescentes T8 por T5

El análisis realizado por la sustitución de lámparas fluorescentes tipo T8 por lámparas T5, constituye un ahorro sustancial, debido a las características mejoradas de las lámparas T5 (Tabla 17).

Tabla 17: Ahorro energético mediante sustitución de lámparas T8 por T5

Referencia	Descripción	Lámpara		Ahorro
		T8	T5	
Consumo	Potencia utilizada [W]	18056	15684	2372
	Horas de uso [h]	13	13	0
	Días de uso [d]	24	24	0
	Energía [kwh]	3633.472	4893.408	740.064
	Costo kWh [dólares]	0.08	0.08	0
	Costo mensual [dólares]	\$430.68	\$391.47	\$39.21
	Costo anual [dólares]	\$5,408.13	\$4,697.67	\$710.46
Iluminación	Iluminancia media EM [lx]	406	400	6
	Eficiencia de iluminación directa [%]	357	358	-1
	UGR	17	18	-1
Eficiencia	Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI)	4.59	3.65	0.94

4.2. Ahorro en iluminación con sustitución de balastos magnéticos por balastos electrónicos.

Como se mencionó en puntos anteriores, el uso de balastos electrónicos en cada luminaria, constituye un ahorro sustancial de aproximadamente el 20% [3,4] del consumo de potencia de las lámparas, y además disminuye el “parpadeo” de los tubos fluorescentes, lo que mejora la comodidad visual de los usuarios (tabla 18).

Tabla 18: Ahorro energético considerando las posibilidades lámpara-balasto

Descripción	Lámpara (balasto)		Ahorro en T8	Ahorro en T5
	T8 (electrónico)	T5 (electrónico)		
Potencia utilizada [W]	14444.8	12547.2	3611.2	3136.8
Energía [kwh]	4506.7776	3914.7264	1126.6944	978.6816
Costo mensual [dólares]	\$360.54	\$313.18	\$90.14	\$78.29
Costo anual [dólares]	\$4,326.51	\$3,758.14	\$1,081.63	\$939.53

4.3. Ahorro en consumo de energía en equipos de oficina

En los equipos de oficina, la opción más recomendable para lograr un ahorro energético, es actuar sobre el equipamiento específico, obteniendo un control sobre la hora de apagado de los mismos, así también como la activación de los modos de ahorro energético disponibles. Considerando un ahorro del 17% [3,4] del consumo, se obtuvieron los datos mostrados en la tabla 19.

Tabla 19: Ahorro energético considerando un control de apagado, y modos económicos para los equipos de oficina

Concepto	Tipo de equipo	Energía consumida (Kwh)	Costo mensual	Ahorro anual
Equipamiento específico	Computadoras	3227.04	\$258.16	\$634.52
	Impresoras *	1673.28	\$133.86	\$329.01
Equipamiento general	Neveras	111.552	\$8.92	\$21.91
	Cafeteras	358.36	\$28.66	\$70.30
TOTAL		5370.432	\$429.61	\$1,055.97

5. RESULTADOS PROYECTADOS

En la tabla 20, se muestran las opciones de ahorro energético descritas en el presente documento. Se puede observar el consumo anual y mensual que se tendría con cada una de las opciones, y al final se observa el ahorro final con la solución más eficiente estudiada, es decir, sustituyendo las lámparas T8 por T5, utilizando balastos electrónicos en cada luminaria, y realizando un control en el horario de encendido y apagado en los equipos de oficina.

Tabla 20: Resultados proyectados

Descripción	Actual	Subvención	Ahorro final
	T8 (insuficiente)	T5 Balasto electrónico en todos los equipos de oficina	
Potencia utilizada TOTAL (W)	46956	36534.2	10421.8
Energía (kwh)	11381.872	9285.1384	2096.7336
Costo kWh (Millones)	\$0.89	\$0.89	#
Costo mensual (Millones)	\$968.21	\$747.82	\$220.39
Costo anual (Millones)	\$11,618.72	\$8,973.73	\$2,644.97

Por lo tanto el ahorro sustancial es de \$2,705.97, que mediante la inversión inicial de \$5432.08, se pagará en aproximadamente 2 años.

5.1. Rentabilidad

Realizando la amortización de los costos de consumo, y mantenimiento de las lámparas T5, se obtienen los datos mostrados en la tabla 21:

Tabla 21: Amortización con cambios T8-T5

Amortización utilizando únicamente el cambio de T8 a T5					
Año	Costo instalación	Costo mant.	Costo consumo	Costo acumulado	Ahorro
1	5432.08	0	4697.67	10129.75	710.46
2	0	0	4697.67	14827.42	1420.92
3	0	0	4697.67	19525.09	2131.38
4	0	0	4697.67	24222.76	2841.84
5	0	0	4697.67	28920.43	3552.3
6	0	745.16	4697.67	34363.26	4262.76
7	0	0	4697.67	39060.93	4973.22
8	0	0	4697.67	43758.6	5683.68
9	0	0	4697.67	48456.27	6394.14
10	0	0	4697.67	53153.94	7104.6
11	0	745.16	4697.67	58596.77	7815.06

Utilizando las opciones energéticas adicionales que se plantearon en el documento se obtienen los datos mostrados en la tabla 22:

Tabla 22: Amortización con lámparas T5, balasto electrónico y

Amortización utilizando lámparas T5, balasto electrónico y control de equipos de oficina					
Año	Costo instalación	Costo mant.	Costo consumo	Costo acumulado	Ahorro
1	5432.08	0	8913.75	14345.83	2705.97
2	0	0	8913.75	23259.58	5411.94
3	0	0	8913.75	32173.33	8117.91
4	0	0	8913.75	41087.08	10823.88
5	0	0	8913.75	50000.83	13529.85
6	0	745.16	8913.75	59659.74	16235.82
7	0	0	8913.75	68573.49	18941.79
8	0	0	8913.75	77487.24	21647.76
9	0	0	8913.75	86400.99	24353.73
10	0	0	8913.75	95314.74	27059.7
11	0	745.16	8913.75	104973.65	29765.67

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La eficiencia energética en edificios de oficinas es un factor de ahorro muy importante, pues mediante pequeñas modificaciones en la utilización de equipos, o mediante cambios en las instalaciones de iluminación, se pueden lograr ahorros considerables. En el presente trabajo se analizó únicamente la instalación de iluminación, y ciertos parámetros de las instalaciones de fuerza, pero debe ser complementado con estudios de aislamiento térmico, ventilación, entre otros, para lograr la maximización en la eficiencia energética del edificio de la CENTROSUR.

Los puntos tratados en el proyecto son los siguientes: Sustitución de luminarias tipo T8 por luminarias tipo T5 para disminuir potencias consumidas y aumentar valores de iluminancias en cada zona, utilización de balastos electrónicos de alta frecuencia en las luminarias, con el objetivo de disminuir la potencia y el efecto estroboscópico, y el control de modos ecológicos presentes en equipos de impresión y computadores. Estos pequeños cambios pueden significar un ahorro de \$2705.97 en comparación con la situación actual de la instalación. El análisis realizado se enfocó únicamente a la primera planta baja del edificio matriz de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. en la ciudad de Cuenca-Ecuador. Dicho estudio debe extenderse a la totalidad del edificio realizando las consideraciones específicas de cada puesto de trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] "Guía de ahorro y eficiencia energética en oficinas y despachos". Dirección General de Industria, Energía y Minas de la comunidad de Madrid. Madrid, España, 2007.

- [2] “Norma Española UNE-EN 12464-1. Iluminación en los lugares de trabajo Parte 1: Lugares de trabajo en interiores”. Madrid, España, 2003
- [3] “Guía de auditorías energéticas en edificios de oficinas en la Comunidad de Madrid”. Dirección General de Industria, Energía y Minas de la comunidad de Madrid. Madrid, 2007.
- [4] “Guía del consumo y facturación de energía eléctrica. Cliente regulado bt5 residencial”. Ministerio de Energía y Minas. Lima, 2012.
- [5] “Real decreto 1890/2008: Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07”. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Madrid, 2008
- [6] “Informe técnico: Iluminación LED, Tubos luminosos, Equivalencia Fluorescentes”. Grupo Sólydi. 2012
- [7] “Libro verde sobre la eficiencia energética o cómo hacer más con menos”. Comisión de las Comunidades Europeas. Bruselas, 2005.
- [8] “Thin is in: The Skinny on T5 Linear Lighting”. The Green Savings Company (2011). Documento en línea disponible en <http://greensavingsco.com/2011/04/thin-is-in-the-skinny-on-t5-linear-lighting/>
- [9] “Proactive approach drives further improvement of environmental performance of products”. Lexmark Incorporated. 2011. Documento en línea disponible en http://www.lexmark.com/en_GB/about-us/newsroom/news-releases/2011/09-12-lexmark-reinforces-environmental.shtml
- [10] “Sección HE3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación”. Código Técnico Español. Madrid, España, 2010



Edgar Fernando Durán Contreras.- Universidad de Cuenca: Ingeniero Eléctrico. Universidad Politécnica Salesiana: Docente en la facultad de Ingeniería Eléctrica en las materias de Sistemas Eléctricos de Potencia, Sistemas de Distribución, Electrotecnia I y II, Circuitos Eléctricos I y II, Luminotecnia, Diseño I. Docente de Seminarios de Distribución para ECUACER. Superintendente del sistema de Operación y Distribución de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.



Miguel Alberto Dávila Sacoto.- Nació en Cuenca en 1988. Recibió su título de Ingeniero Electrónico con mención en Sistemas Industriales y Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana en 2012. Egresado de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana Actualmente se desempeña como docente de Instalaciones Eléctricas de Interior, Automatismos y Cuadros Eléctricos, Instalaciones Automatizadas en Viviendas y Edificios en la Unidad Educativa Técnico Salesiano.