

**MONOGRAFÍA PASANTÍA EMPRESARIAL
DIEBOLD COLOMBIA S.A.**

**PRESENTADO POR:
ANDRÉS FELIPE FORERO MORENO
CÓDIGO: 2095654**

**DIRECTOR:
ING. CARLOS QUINTERO**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ, COLOMBIA
SEPTIEMBRE DE 2014**

HOJA DE ACEPTACIÓN

Ing. Jimmy Rozo
DIEBOLD COLOMBIA
Tutor Empresa

Ing. Carlos Quintero
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
Tutor Universidad

Andrés Felipe Forero Moreno
Cód.: 2095654
Pasante

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. TÍTULO	6
3. PROBLEMA.....	7
4. ANTECEDENTES	8
5. JUSTIFICACIÓN	9
6. OBJETIVOS.....	10
6.1 <i>Objetivo General</i>	10
6.2 <i>Objetivos Específicos</i>	10
7. FUNDAMENTO HUMANÍSTICO	11
8. MARCO TEÓRICO.....	13
8.1 <i>Reglamentos Técnicos RETIE y RETILAP</i>	16
8.1.1 Reglamento RETIE.....	16
8.1.2 Reglamento RETILAP.....	17
8.2 <i>Diebold Colombia</i>	18
8.3 Conceptos Básicos y Generalidades.	19
8.3.1 <i>Reconocimiento del Sitio Objeto de Iluminación.</i>	19
8.3.1.1 <i>Requerimientos de Iluminación.</i>	20
8.3.1.2 <i>Selección de Luminarias y Fuentes Luminosas.</i>	20
8.3.2 <i>Iluminación Eficiente</i>	20
9. DISEÑO METODOLÓGICO	21
9.1 Técnicas De Recolección De Datos	21
9.2 Técnicas De Análisis	21
9.3 Instrumentos	21
9.4 Estrategias de Investigación	22

10. EJECUCIÓN DEL PROYECTO	23
10.1 Evaluación Previa	23
10.2 Implementación de Medidores y Adquisición de Datos Iniciales	26
10.3 Propuesta de Ahorro Energético	29
10.4 Implementación de Equipos y Adquisición de Datos Posteriores	31
10.5 Ahorros en Consumo Energético.	33
10.6 Detalles de Consumo y Carga del Sistema de Iluminación Tradicional	35
10.7 Detalles de Consumo y Carga del Sistema de Iluminación Propuesto	39
10.8 Detalles de Ahorro en Reposición y Mantenimiento de Equipos	46
10.9 Resumen Comparativo del Sistema Tradicional Vs el Sistema Propuesto	47
10.10 Evaluación Posterior a la Implementación de Equipos	48
10.11 Relación de Costos y Retorno de la Inversión.	51
11. CONCLUSIONES	56
12. BIBLIOGRAFÍA	57
12.1 Bibliografía Citada	57
12.2 Bibliografía Consultada	58
12.3 Bibliografía Complementaria	58
13. ANEXO I	59
Descripción Técnica de la Solución	59
14. ANEXO II	64
Simulaciones de Iluminación	64

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene el desarrollo teórico – práctico correspondiente a la elaboración de un estudio de eficiencia energética en áreas de oficina con el uso de tecnología LED (Light-Emitting Diode o Diodo Emisor de Luz), enmarcando su realización dentro de la opción de grado pasantía empresarial, la cual fue ejecutada en la compañía Diebold Colombia S.A.

A modo general, se pretende enmarcar y enunciar los beneficios que se pueden obtener al implementar luminarias de tecnología LED en ambientes de oficina en complemento con estrategias y sistemas de control de iluminación, que proporcionen un ahorro económico y un uso racional y eficiente de la energía.

El desarrollo de este trabajo se expone de la siguiente manera: En primer lugar se presenta el problema que se pretende abarcar, algunos antecedentes, el porqué de su elaboración y los objetivos propuestos a alcanzar, brindando una perspectiva general en cuanto a su factibilidad. En segundo lugar se abordará el componente humanístico reflejando la integridad como profesional en la realización de este proyecto seguido por el marco teórico, presentando los referentes técnicos y conceptuales relevantes para la fundamentación de este proyecto.

En tercer lugar, se aborda el diseño metodológico presentando las técnicas de recolección de datos y análisis, los instrumentos y las estrategias de investigación para dar paso a la ejecución del proyecto, en donde paso a paso se detalla cómo se llevaron a cabo cada uno de los procesos realizados para su éxito, desde la toma de mediciones iniciales, hasta los datos de consumo finales, luego de la implementación de los equipos y sistemas de control, pasando por los diseños previos y la propuesta de ahorro energético que se podría lograr.

Por último, se plasman los resultados y las conclusiones derivados de su elaboración junto con el anexo documental consultado y referenciado, los cuales sirvieron para la contextualización y la adecuada elaboración del proyecto en mención.

2. TÍTULO

ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN Y USO RACIONAL DE ENERGÍA, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE SISTEMAS DE CONTROL EN ÁREAS DE OFICINA.

3. PROBLEMA

La producción y distribución de energía eléctrica requiere de grandes recursos no solo físicos (Infraestructura, Cableado y Personal) sino naturales, dependiendo de la fuente para su obtención, lo que hace que surja la preocupación por el buen uso de estos recursos para preservarlos y resguardarlos de la mejor manera posible, con el objetivo de lograr un mejor aprovechamiento de los mismos. Por ello nace la necesidad de formular alternativas que giren entorno y en pro al tema de eficiencia energética.

En la actualidad, el sector comercial es el mayor demandante de energía eléctrica, debido al uso de equipos de iluminación, de cómputo, de ambientación, etc., que deben ser de uso continuo y diario, sobretodo el concerniente a iluminación, presentando la potencialidad para trabajar en este sector, ya que se requiere racionalizar el uso de energía sin tener un impacto negativo sobre los procesos o labores que se presentan en el mismo, contribuyendo para la disminución del consumo y un mayor aprovechamiento de la energía eléctrica.

Para favorecer el buen uso de la Energía Eléctrica, en Colombia se cuenta con el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público-RETILAP, el cual empezó a regir desde abril de 2010, en el que se establecen las reglas generales que se deben tener en cuenta en los sistemas de iluminación interior, exterior y público, así mismo se diseñó el programa para el uso racional y eficiente de energía (URE) en iluminación, el cual pretende inculcar buenos hábitos en la utilización y consumo de la energía eléctrica.

Dadas estas directrices y la necesidad de mejorar el uso de la energía, la problemática que se desarrolla en el presente trabajo se centra en el estudio de la eficiencia energética en iluminación para ambientes de oficina, teniendo en cuenta como factores clave, el uso de un bajo consumo de energía en luminarias y el aseguramiento de los niveles lumínicos necesarios para el desarrollo de las actividades en dichas áreas.

4. ANTECEDENTES

La eficiencia energética es un tema que en los últimos años ha cobrado mayor atención hasta convertirse en un campo de estudio en las ramas de ingeniería, no solo por la preservación de los recursos naturales sino por el ahorro económico que se puede obtener con la implementación de este tipo de tecnologías y aunque a nivel mundial se ha percibido un incremento en la adaptación de políticas referentes a este tema, en Colombia no se ha logrado un avance significativo en la implementación de prácticas relacionadas con eficiencia energética, ya que el costo que se requiere en equipos para la toma de mediciones y en el personal idóneo para realizarlas representan un valor significativo que muchas personas y empresas no están dispuestas a asumir.

Sin embargo existen estudios realizados sobre eficiencia energética y el buen uso de la energía eléctrica en edificios, plasmados en la reglamentación que actualmente está en rigor en Colombia para este campo (RETIE y RETILAP), o las sugerencias y requisitos que se promulgan en los diversos sectores en términos de energía, divulgados por entidades como el Ministerio de Minas y Energía, la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética), la PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), la Universidad Nacional de Colombia, entre otras, que sirven como punto de partida para saber qué se ha realizado y cómo proceder para el presente estudio.

Además, en la investigación realizada para la elaboración de este proyecto, se encuentra información referente a la eficiencia energética en iluminación, tanto en ahorro como en costo pero enfocada a los productos y tecnologías que se ofertan actualmente en el mercado, ofreciendo un panorama de los equipos y elementos que se pueden implementar, pero no brindan concepto alguno en cuanto al ahorro y a la eficiencia que se puedan obtener analizando una cantidad de equipos determinada en un área específica de estudio.

Por otro lado, este tipo de estudios son de carácter particular, ya que la distribución, el tipo y modelo de luminarias difiere de un edificio a otro, y que factores como la ubicación del edificio, el aprovechamiento de la luz día, el número de áreas que deben iluminarse y los períodos de tiempo que se necesite iluminación, sean muy específicos, generando que las compañías que soliciten este tipo de estudios mantengan en reserva sus resultados por la inversión realizada y los acuerdos de confidencialidad con las entidades que los realizan, por cuestiones de ética empresarial y relación con el cliente, dejando como consecuencia poca información sobre estudios previos y estudios realizados de este tipo.

5. JUSTIFICACIÓN

El racionamiento y uso adecuado de la energía eléctrica es un tema que desde cualquier área debe ser de importancia y de sumo cuidado, no solo para la preservación de los recursos naturales, sino para desarrollar métodos que permitan un mejor aprovechamiento de la misma, sin dejar atrás los beneficios económicos y de confort visual que se pueden obtener.

Es importante resaltar que el sector comercial es uno de los mayores consumidores de energía y que a su vez la iluminación es el factor más demandante de la misma, llegando a alcanzar en ocasiones hasta el 50%¹ de consumo en una edificación. Por otro lado, prescindir de la iluminación en este sector es una opción poco factible para la reducción de este indicador, debido a su relevancia en el desarrollo de actividades sociales, comerciales y productivas. Es por esto que este proyecto propone un estudio de eficiencia energética, basado en la implementación de estrategias de sistemas de control que disminuyan el consumo de energía eléctrica en ambientes de oficina, sin sacrificar los niveles de confort visual del capital humano.

Por ello, la realización de este proyecto pretende presentar en sus resultados, las siguientes consideraciones:

- ✓ Ahorro Energético: Presentando cifras comparativas de consumo entre los dos tipos de tecnologías, mostrando el ahorro porcentual.
- ✓ Ahorro Económico: Estableciendo el ahorro económico obtenido con la implementación de la tecnología LED y los sistemas de control.
- ✓ Confort Visual: Indicando los valores de iluminación que presenta el área estudiada antes y después de la implementación del sistema, estando en concordancia para el bienestar y el buen desempeño de las actividades para los trabajadores.

Y es allí, donde el campo de la Ingeniería Electrónica tiene suma relevancia en la solución de este tipo de problemas, en donde se pueda integrar la tecnología existente a lo que concebimos habitualmente, más aún, si esto conlleva a un uso más eficiente y eficaz de los recursos energéticos, sumándole un gran potencial de ahorro no solo de dichos recursos, sino económico también, teniendo como resultado una solución global, en vez de una particular.

¹ U.S. Administración de información sobre Energía, Encuesta sobre el Consumo de Energía en Edificios Comerciales 2003, lanzada en abril 2009.
www.eia.doe.gov/emeu/cbecs/cbecs2003/lighting/lighting1.html

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

Analizar los beneficios que presenta el uso de sistemas de eficiencia energética y uso racional de energía en iluminación LED para ambientes de oficina.

6.2 Objetivos Específicos

- Efectuar simulaciones que permitan el cálculo de los correctos niveles de iluminación de acuerdo a la norma (RETILAP), en un ambiente de oficina.
- Realizar un estudio comparativo a partir de mediciones de consumo antes y después de la implementación de los sistemas de eficiencia energética.
- Evidenciar los niveles de ahorro que se pueden lograr al emplear fuentes eficientes de iluminación y sistemas de control.
- Analizar los costos que conllevan la implementación de sistemas de iluminación convencional y realizar un comparativo con los sistemas eficientes de iluminación.
- Determinar el tiempo de retorno de la inversión con base en el ahorro analizado.

7. FUNDAMENTO HUMANÍSTICO

La elaboración de un proyecto de grado no solo debe basarse y contemplar los requisitos técnicos y procedimentales para satisfacer y cumplir una adecuada ejecución desde el punto de vista ingenieril, sino que en su contenido y realización, se debe reflejar la calidad del profesional que lo ejecuta, la conciencia social con la que ejerce su profesión y el compromiso y preocupación que tenga con el entorno y las demás personas en el desarrollo de sus actividades. Es por eso que este documento contiene el presente contenido humanístico, en donde su ejecución da evidencia de la formación integral adquirida a lo largo de estos años de estudio, de la contribución que puede brindar tanto al medio ambiente como a la sociedad y del aporte que como futuro profesional se puede brindar desde la realización de pasantía empresarial como opción de grado.

Teniendo en cuenta lo anterior, una de las mayores preocupaciones del hombre en los últimos años ha sido la de innovar y avanzar cada vez más en el ámbito tecnológico, proporcionando equipos e instrumentos que faciliten los procesos y hagan más fáciles las actividades a las que día a día el ser humano se enfrenta, pero muchas veces la tecnificación de esos procesos llevan consigo efectos secundarios que tienen consecuencias que recaen en gran parte en el medio ambiente, y que sin importar las consecuencias se siguen llevando a cabo y realizando sin la menor conciencia posible.

Por otro lado, este estudio aparte de reflejar un carácter ambiental, denota una gran responsabilidad social, por pretender brindar los niveles de iluminación necesarios y estipulados para un buen desarrollo de las actividades laborales, logrando bienestar y confort para los trabajadores, además de una iniciativa profesional para evaluar e implementar la tecnología precisa que sea de beneficio para la comunidad y amigable con el ambiente, en donde se aplique y se ponga en práctica el aprendizaje adquirido en el proceso de formación.

Por último y a grandes rasgos, la realización de este estudio, pretende mostrar los beneficios de la iluminación con tecnología LED en ambientes de oficina, ya que en estas áreas es donde se consumen grandes cantidades de energía eléctrica y si se logra promocionar y aumentar su consumo, la producción de energía se reduciría logrando con ello una disminución en los impactos ambientales, mejores prácticas en el consumo y uso de la energía y ahorros económicos para los usuarios, ofreciendo a futuro un beneficio colectivo para el país, en donde se incentive y se propague el uso de desarrollos tecnológicos que contribuyan de una

forma científica para un avance más sólido y continuo en el desarrollo de este tipo de tecnologías.

Por ello es importante que el contenido de esta propuesta no solo refleje las características técnicas y conceptuales en los procedimientos realizados, sino que también presenta una visión y una preocupación por el uso de la tecnología en pro y en preservación del medio ambiente, ya que como futuro Ingeniero Electrónico no solamente debo estar preparado para afrontar los retos que día a día el área laboral presenta, sino que se deben reflejar y poner en práctica aspectos como la ética, la moral y los valores propios de un profesional íntegro y ejemplar, reflejo de los lineamientos y de la responsabilidad social de la Universidad Santo Tomás con la comunidad.

8. MARCO TEÓRICO

A continuación se presenta de manera general una contextualización teórica y conceptual sobre el estudio que se propone realizar, presentando algunos conceptos introductorios y reflejando algunas cifras tanto a nivel mundial como nacional, elaboradas alrededor de esta temática.

En las siguientes páginas se encontrarán proyecciones en la demanda de Energía Eléctrica en los próximos 20 años, algunas cifras de consumo en Colombia seguido además de consideraciones porcentuales del sector industrial y generalidades respecto al tema de ahorro energético. Por último se presenta la introducción a algunos reglamentos vigentes en Colombia y ciertos conceptos básicos referentes al tema.

Según estudios realizados por el consejo mundial de la energía, se estima que para el 2030, (Ver Figura 1), el consumo energético mundial aumentará aproximadamente en un 50%, lo que implicaría la necesidad de poder proporcionar energía comercial a 4000 millones de usuarios más (2000 millones que actualmente no disponen de ella, más los otros 2000 esperados durante este período)².

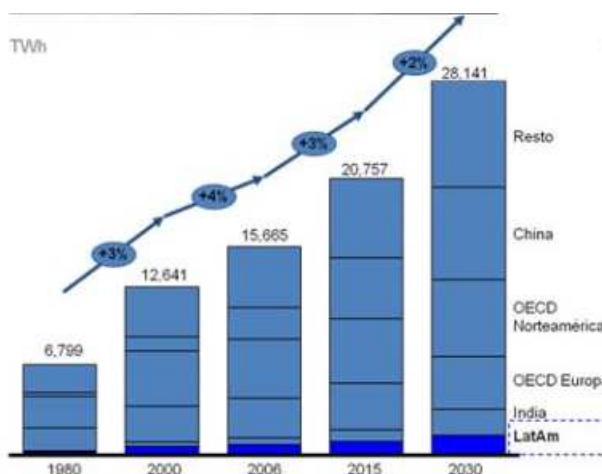


Figura.1.Demanda de Energía Eléctrica Mundial. Tomada de [1]

2 Artículo sobre Energía y Desarrollo Económico en América Latina - <http://www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=221>

Particularmente en el caso de Colombia, el consumo de energía aumentó un 33% en el período comprendido entre los años de 1990 y 2005, incrementando la producción primaria de este recurso en un 3.5% anual, estimando un incremento del 6.5%, entre el periodo 2005 – 2025, donde el 83% de la energía consumida será del tipo eléctrico³.

Teniendo en cuenta estas cifras, y la preocupación por la creciente demanda, se observó, que el sector comercial es el mayor demandante de energía eléctrica, y que entre sus elementos de mayor consumo, la iluminación, se encuentra entre los primeros lugares, tal como lo muestra la Figura 2.

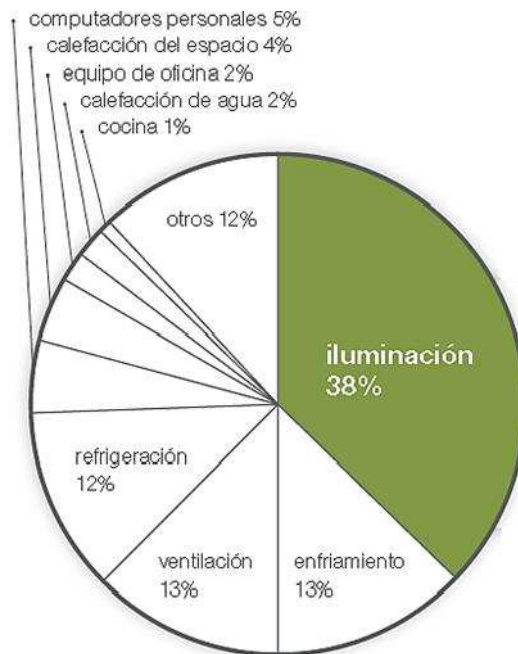


Figura.2. Consumo de Energía en Edificios Comerciales [3]

Este gráfico permite observar como la iluminación representa entre el 30% - 50% del consumo de energía en un edificio comercial.⁴, además que no solo es el costo que conlleva mensualmente ese consumo, también es de considerar, el costo del cableado, mantenimiento e infraestructura que estos elementos requieren para su uso.

³ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD – Ministerio de Minas y Energía - http://www.pnud.org.co/img_upload/3635346361636163616361636163/70467GEFPIMS.pdf

⁴ U.S. Administración de información sobre Energía, Encuesta sobre el Consumo de Energía en Edificios Comerciales 2003, lanzada en abril 2009. www.eia.doe.gov/emeu/cbecs/cbecs2003/lighting/lighting1.html

Cabe resaltar, que en la última década el uso de energías alternativas como lo son la solar, la eólica, la mareomotriz, etc., han tenido un surgimiento lento pero continuo, que han mitigado en un pequeño porcentaje los daños ambientales causados en el proceso de generación de energía, pero que al no tener un uso masificado de los mismos, no se ha logrado un impacto favorable para reducir tales daños, ni para el aprovechamiento de este tipo de energías.

En la actualidad y teniendo en cuenta esta problemática, gobiernos de diferentes países y entidades de carácter mundial han adoptado medidas para el uso y generación de la energía eléctrica, incentivando a empresas e industrias para adoptarlas y hacer uso de ellas.

Un ejemplo de esto es la certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) administrada por el Consejo para Construcciones Ecológicas de los Estados Unidos (USGBC), la cual mediante un sistema de clasificación brinda un estándar de rendimiento, con el fin de constituirse y darse a conocer como una edificación ecológica, trayendo consigo beneficios económicos, en gran proporción de índole tributario, en contraprestación por la adquisición e implementación de tecnologías que contribuyan con el medio ambiente.⁵

Aunque en Colombia no se han implementado normas con tan amplio alcance que contengan los beneficios económicos, sí se han desarrollado trabajos en este tema que incluyen normativas para el uso de la energía, como el PROURE (Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía) elaborado por el Ministerio de Minas y Energía y la Unidad de Planeación Minero Energética, la Guía Didáctica para el Buen Uso de la Energía en el alumbrado interior de edificaciones del sector Público, elaborada por el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional y la unidad de Planeación Minero energética o proyectos que promueven la eficiencia energética en edificios en pro del uso efectivo y racional de la energía, elaborado por el Ministerio de Minas y Energía en compañía del programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Estos trabajos son ejemplos de promoción de un uso más racional de la energía eléctrica, dando en ocasiones reconocimientos como el SAC (Sello Ambiental Colombiano), para empresas que en sus edificaciones adopten tales medidas, dando un valor agregado en los principios de la compañía.

⁵ Tomado del Brochure de la compañía LUTRON para el tema LEED de: <http://www.lutron.com/technicaldocumentlibrary/367-679.pdf>

Entre los avances a nivel nacional, anteriormente descritos, se encuentra la ley 697 del 3 de Octubre de 2001, mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones⁶, brindando las definiciones del caso y delegando responsabilidades en las entidades públicas del distrito, como el Ministerio de Minas y Energía, Colciencias y las entidades públicas y/o privadas que se consideren pertinentes.

Cabe resaltar que el decretar un uso eficiente y racional de la energía, es un gran avance para el país, ya que deja ver cómo las energías alternativas pueden tomar fuerza y un uso más extendido, permitiendo con ello crear conciencia de ahorro y preservación del ambiente, pero aún el camino para lograrlo es largo, y es mucho el trabajo que en las ramas de la ingeniería se debe desarrollar para alcanzar avances más notorios en el campo de la eficiencia energética.

8.1 Reglamentos Técnicos RETIE y RETILAP

8.1.1 Reglamento RETIE.

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, es el encargado de establecer medidas que garanticen la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y de la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico⁷, con aplicación en las siguientes situaciones:

- Toda instalación eléctrica nueva.
- Toda ampliación de una instalación eléctrica.
- Toda remodelación de una instalación eléctrica que se realice en los procesos de generación, transmisión, transformación, distribución y utilización de la energía eléctrica.
- Personas que intervienen en la instalación.
- Instalaciones de corriente continua mayores o iguales a 50 V y de corriente alterna entre 25 V y 500 kV.
- Instalaciones eléctricas de frecuencia inferior a 1000 Hz.
- Instalaciones públicas o para la prestación del servicio público y privadas.

⁶ Ley 697 de 2001, Alcaldía de Bogotá, Tomado de la página: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4449>

⁷ Norma Técnica RETIE, Colombiana de Ingeniería y Suministros Ltda., http://www.colombianaing.com/contenido.php?id_contenido=5

- Instalaciones de menos de 10 KVA no les cubre la obligatoriedad de tener diseños eléctricos.
- Para la Inspección de Instalaciones eléctricas solo se podrá otorgar “Aprobado” o “No Aprobado”.

Para dar cumplimiento a este reglamento, se realiza una inspección técnica, en la cual se realiza una revisión minuciosa de la instalación eléctrica, y con ella realizar todas las mediciones, observaciones, verificaciones y evaluaciones que den indicio del cumplimiento de esta normativa, reflejándose con el respaldo de un certificado de conformidad y aprobación.

8.1.2 Reglamento RETILAP.

El Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, establece los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, garantizando los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente, con el objetivo de prevenir, minimizar o eliminar los riesgos originados en la instalación y el uso de sistemas de iluminación.

De un modo más general, este reglamento establece las reglas que se deben tener en cuenta, en los sistemas de iluminación interior y exterior, en el territorio colombiano, inculcando el uso racional y eficiente de energía (URE) en iluminación. En tal sentido, señala las exigencias y especificaciones mínimas para que las instalaciones de iluminación garanticen la seguridad y confort con base en su buen diseño y desempeño operativo, así como los requisitos de los productos empleados en las mismas⁸.

Cabe aclarar que este reglamento es de cumplimiento y aplicable a las instalaciones de iluminación, a los productos utilizados en las mismas y a las personas que intervienen en el diseño, construcción o ejecución de actividades relacionadas con las instalaciones de iluminación y alumbrado público, ya sean de índole natural o jurídica.

⁸ Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP - CODENSA:
<http://empresas.micodensa.com/BancoConocimiento/R/retilap/retilap.asp>.

8.2 Diebold Colombia

Diebold es líder global en soluciones de Autoservicio y Seguridad, siendo una empresa multinacional fundada en 1859, de origen Estadounidense, con el ánimo de proveer soluciones integradas de tecnología, permitiendo a sus clientes maximizar sus capacidades de autoservicio y Seguridad, funcionando con más de con más de 17,000 empleados alrededor del mundo, 5,000 en América Latina en países como Brasil, México, Argentina, Chile, Bolivia, Ecuador, Colombia entre otros.

A continuación, se presenta de manera cronológica y general, la historia de la compañía, y su desarrollo:

- ❖ *1859 - Charles Diebold funda una fábrica de cajas fuertes*
- ❖ *1871 - Gran Incendio de Chicago, los contenidos de las cajas fuertes Diebold quedan intactos*
- ❖ *1872 - Se abre Casa Matriz en Cantón, Ohio.*
- ❖ *1915 - Primera División de Servicio.*
- ❖ *1927 - Tecnología DED.*
- ❖ *1943 - Blindaje vehículos de combate.*
- ❖ *1965 - Sistemas de transporte neumático.*
- ❖ *1970 - Sistema de banca automática.*
- ❖ *1973 - Nueva tecnología.*
- ❖ *1999 - Diebold Latinoamérica.*
- ❖ *2003 - Revolución tecnológica con la Introducción de la familia Opteva*
- ❖ *2008 - Visión Estratégica como socio de negocios.*

Hoy Diebold tiene una cobertura del 100% de Latinoamérica con operación directa en todos los países de Centro América incluyendo México, Suramérica y el Caribe, garantizando para sus clientes globales un sólo proveedor con los mismos niveles de servicio y atención en toda la región, manejando y manteniéndose en el mercado delimitado por instituciones Financieras, Tiendas por Departamentos, Industria, Constructores, Universidades, Petroleras, entre otras.

En Colombia, Diebold fue fundada en 1999, contando con oficinas de soporte en 25 ciudades principales del país y con instalación de soluciones en 158 municipios, caracterizándose por ser líder en soluciones de integración, automatización, cajeros automáticos, soluciones de autoservicio, desarrollo de software, instalación y puesta en marcha de equipos de seguridad y control, servicio de mantenimiento a nivel nacional y outsourcing total⁹.

8.3 Conceptos Básicos y Generalidades.

Para realizar este estudio, es importante conocer las características básicas o generales que debe poseer un sistema de iluminación, esto con el fin de conocer todos los parámetros y consideraciones a tener en cuenta al momento de realizar el estudio, y brindar resultados lo más acordes y transparentes posibles.

Como bien sabemos, la luz es el componente esencial en cualquier ambiente, haciendo posible la visión del entorno y la interacción con los objetos. Con la luz también se puede modificar la apariencia de cualquier espacio, teniendo esta una influencia de importancia sobre su estética y su ambientación, logrando afectar factores como el rendimiento visual, el estado de ánimo y hasta la motivación de las personas.

Es por ello que para un adecuado diseño, se debe comprender la naturaleza física, fisiológica y psicológica de esas interacciones en miras a obtener soluciones que permitan optimizar la relación visual entre el usuario y su medio ambiente. Además, si se mezclan estas connotaciones con el uso de tecnología eficiente y adecuada, no solo se puede dar el empleo necesario y requerido de la luz, sino que se pueden obtener ventajas de ahorro económico y medioambiental para un mejor aprovechamiento de la misma.

A continuación, de modo general, se presentan 3 aspectos para tener en cuenta, al momento de hacer un diseño o un estudio que incluyan los conceptos de luz o iluminación en su haber: uso

8.3.1 Reconocimiento del Sitio Objeto de Iluminación.

En este punto se deben tener en cuenta aspectos como las condiciones físicas y arquitectónicas del sitio o espacio a iluminar, al igual que las condiciones ambientales y de entorno con las que se cuenta y sobre las que el sistema va a funcionar.

⁹ Información detallada y suministrada a partir de documentación interna de DIEBOLD COLOMBIA S.A.

8.3.1.1 Requerimientos de Iluminación.

Se deben tener en cuenta factores como el uso o la actividad a realizar, al igual que los niveles de iluminación requeridos para dicha actividad. Esto dependerá un poco de las condiciones visuales de quien desarrolle la tarea, el tiempo de permanencia y la fuente de iluminación que se tenga para tal fin.

8.3.1.2 Selección de Luminarias y Fuentes Luminosas.

Es importante saber para qué se requiere la iluminación y qué tipo de superficie se tiene, ya que puede ser de carácter reflectora u opaca y con base a ello poder determinar el tipo de fuente o bombilla, las dimensiones y forma de la luminaria, el tipo de montaje o instalación que se requiera, el nivel de protección, etc., los cuales serán aspectos fundamentales para generar un entorno agradable para el usuario y acorde con las normas y reglamentos vigentes.

Otro de los conceptos que es válido mencionar para la realización de este estudio, el concerniente al de Iluminación Eficiente.

8.3.2 Iluminación Eficiente

Un sistema de iluminación eficiente es aquel que además de satisfacer necesidades visuales y crear ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a los usuarios disfrutar de ambientes agradables, empleando los recursos tecnológicos más apropiados y evaluando todos los costos que se incurren en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto de iluminación y se llegue al menor valor [3].

Un sistema de iluminación energéticamente eficiente permite obtener una importante reducción del consumo, sin necesidad de disminuir sus prestaciones de calidad, confort y nivel de iluminación, haciendo en ocasiones uso de la luz natural o ambiente en conjunto con la artificial, para un rendimiento más alto en el consumo de energía.

En la eficiencia de la iluminación influyen:

- Eficiencia energética de los componentes (lámparas, luminarias, equipos auxiliares).
- Uso de la instalación (régimen de utilización).
- Mantenimiento (limpieza, reposición de lámparas).

9. DISEÑO METODOLÓGICO

9.1 Técnicas De Recolección De Datos

Los datos o la información que se recolectó fue de gran importancia y relevancia para la realización de este estudio, es por eso que para tener datos verídicos, reales y genuinos, se implementaron equipos de medición de energía anexos a los tableros de distribución dedicados a iluminación, con el ánimo de obtener los valores de consumo energético y económico antes y después de la implementación de sistemas y estrategias de control, para su posterior análisis y resultado.

Además, se realizó la medición de los niveles de iluminación en el área de estudio, con el fin de conocer las intensidades que se encontraron en ese momento y las se encuentran actualmente, luego de la implementación de los sistemas y las estrategias de control.

9.2 Técnicas De Análisis

Para el análisis de los datos obtenidos a partir de las mediciones anteriormente descritas, se tuvieron en cuenta aspectos como el consumo de energía, la reposición de equipos, la carga instalada, el ahorro económico y el impacto ambiental que se generó, realizando un comparativo del antes y después de la implementación del sistema de control, a través de las técnicas de análisis de sistemas de energía eléctrica.

Por otro lado, se realizaron simulaciones que reflejan el cumplimiento de los niveles de iluminación requeridos, realizando de igual manera el comparativo antes y después de la implementación del sistema de control, dando las suficientes bases para realizar las debidas apreciaciones y conclusiones que vayan al caso de dicho sistema.

9.3 Instrumentos

Para la toma de datos e información, se contó con el equipo adecuado, como luxómetros, medidores trifásicos, entre otros, siendo éstos brindados y facilitados por DIEBOLD COLOMBIA S.A., al igual que el software y las herramientas informáticas que se necesitaron en pro de un resultado exitoso del presente estudio.

9.4 Estrategias de Investigación

En cuanto a la investigación para la realización de este estudio, en primer lugar se contó con la experiencia y el conocimiento del ingeniero tutor por parte de DIEBOLD COLOMBIA S.A, con el fin de asegurar un adecuado desarrollo del proyecto y una correcta guía en el proceder del mismo, también se contó con la supervisión del tutor designado por parte de la Universidad, quien fijó las pautas y realizó las correspondientes observaciones indicando el mejor camino que llevara al éxito el presente estudio.

También se realizó, en gran proporción, investigación vía electrónica con el uso de internet, para la consulta de normas, reglamentos, estudios similares o cualquier otro tipo de procedimiento requerido en el transcurso de la elaboración del mismo. Cabe aclarar que dicha consulta electrónica se realizó en sitios y/o portales que ofrecieron seguridad y confiabilidad en la información proporcionada, teniendo como objetivo la consulta de portales de índole gubernamental, oficial, administrativa y/o estatal.

10. EJECUCIÓN DEL PROYECTO

10.1 Evaluación Previa

En primer lugar se realizó la visita al sitio de estudio, en donde se observó el tipo de iluminación (Fluorescente) y los niveles de iluminación iniciales.

De la Figura 3 a la Figura 5 se muestran los registros fotográficos obtenidos en esta etapa:



Figura 3. Foto #1 – Área de Estudio



Figura 4.Foto #2 – Área de Estudio



Figura 5.Foto #3 – Área de Estudio

La Figura 6 muestra algunos ejemplos de puntos donde se realizó la medición de los niveles de iluminación sobre el área de estudio antes de la instalación del sistema de ahorro de energía:

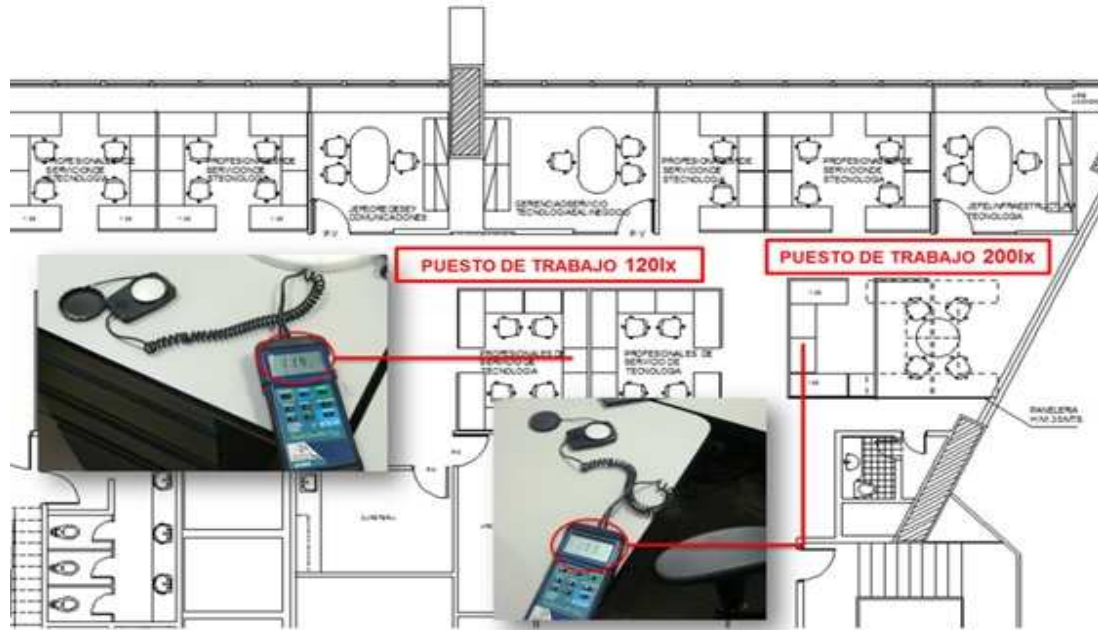


Figura 6. Medición de Niveles de Iluminación en el Área de Estudio.

Luego de ello se realizaron mediciones de consumo de energía en el tablero de distribución para poder determinar el consumo energético en el área de estudio. Se evidencia en la Figura 7 que el 38% del consumo de energía total del área de estudio se debe a iluminación.

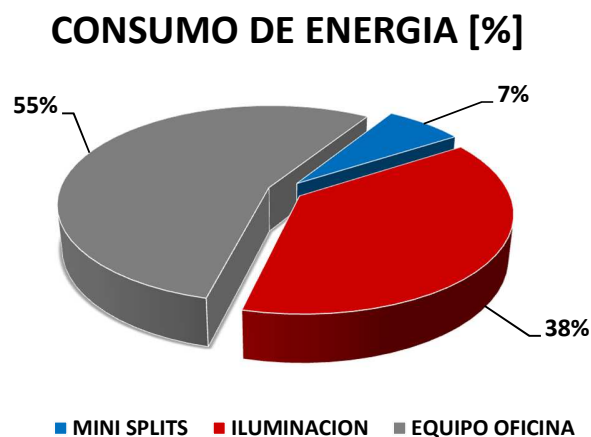


Figura 7. Consumo de Energía del Área en Estudio

Con la realización de la visita se lograron identificar los siguientes aspectos en el área de estudio:

- Existen espacios con bajos niveles de iluminación.
- Se presenta una alta diversidad de bombillas.
- Se evidencia un desaprovechamiento de la luz natural.
- Los sistemas de encendido/apagado de iluminación son manuales.

Además de ello, se observó que los niveles de iluminación no son los indicados y los estipulados por RETILAP, según la actividad a realizar en el área de estudio. Las mediciones realizadas muestran niveles promedio de iluminación de 50 lx para las circulaciones y entre 120 y 200 lx para oficinas los cuales se encuentran por fuera de los rangos reglamentados por la norma según la Tabla 1.

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR _L	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo.	Medio	Máximo
Áreas generales en las edificaciones				
Áreas de circulación, corredores	28	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	25	100	150	200
Vestidores, baños.	25	100	150	200
Almacenes, bodegas.	25	100	150	200
Oficinas				
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750
Oficinas abiertas	19	500	750	1000
Oficinas de dibujo	16	500	750	1000
Salas de conferencia	19	300	500	750

Tabla 1. Niveles de Iluminación Según el Área de Trabajo

10.2 Implementación de Medidores y Adquisición de Datos Iniciales

Luego de obtener una primera evidencia de las condiciones en las que se encontraba el área de estudio, se procedió a la instalación de dos medidores de energía trifásicos debidamente calibrados (ver Figura 8), sobre la acometida de Iluminación, con el fin de obtener la medición de la energía consumida únicamente por este sistema.



Figura 8. 1 - Medidor de Energía Trifásico Sobre Iluminación, 2- Medidor de Energía Trifásico Sobre Iluminación de Circulaciones

La Tabla 2 muestra las mediciones adquiridas antes de la implementación del sistema de ahorro a manera general en oficinas, seguido de la Figura 10 la cual representa el consumo promedio a lo largo de la toma de mediciones:

ILUMINACION (10087065)		
FECHA	HORA	LECTURA [kW-h]
06/06/2014	11:20 p. m.	14.5
13/06/2014	10:10 a. m.	249.5
23/06/2014	11:50 a. m.	606.0
26/06/2014	09:25 a. m.	710.6
30/06/2014	08:30 p. m.	869.8
CONSUMO TOTAL [kW-h]		855.30
CONSUMO PROMEDIO [kW]		1.49

Tabla 2. Registro de Consumo en Iluminación General

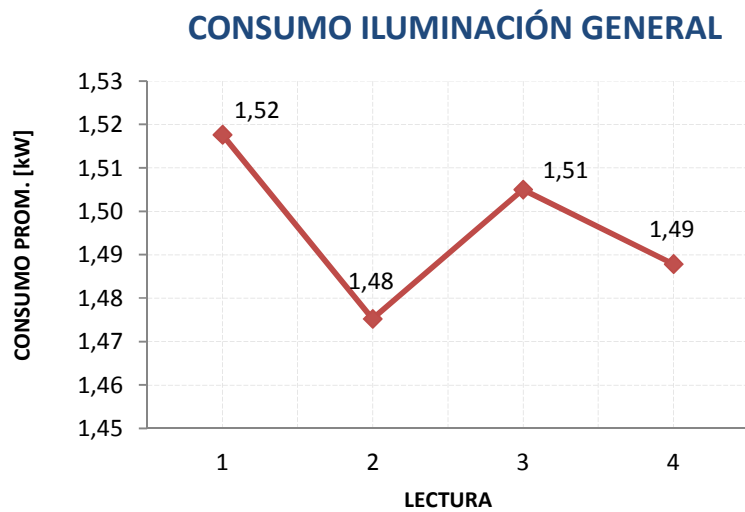


Figura 9. Consumo Promedio a Partir de las Mediciones.

De igual manera, La Tabla 3 contiene las mediciones adquiridas en las circulaciones junto con la Figura 10, la cual representa el consumo promedio a lo largo de la toma de mediciones para estas áreas.

ILUMINACIÓN CIRCULACIONES (10086652)		
FECHA	HORA	LECTURA [kW-h]
06/06/2014	11:20 p. m.	11.6
23/06/2014	11:50 a. m.	123.7
26/06/2014	09:25 a. m.	293.4
30/06/2014	08:30 p. m.	340.6
CONSUMO TOTAL [kW-h]		402.9
CONSUMO PROMEDIO [kW]		0.70

Tabla 3. Registro de Consumo en Circulaciones

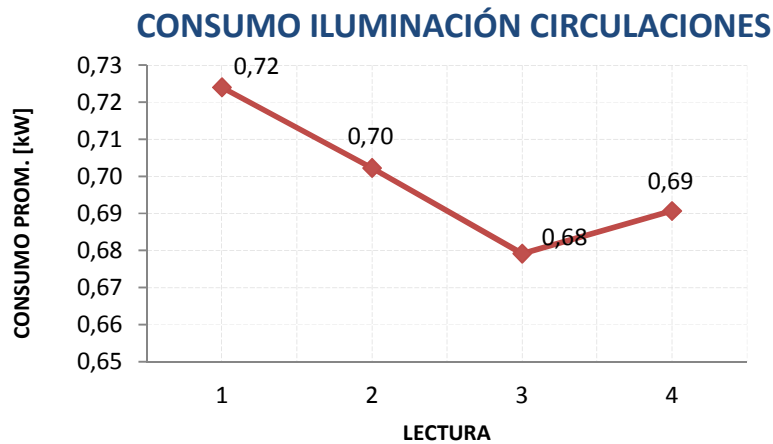


Figura 10. Consumo Promedio a Partir de las Mediciones en Iluminación de Circulaciones.

10.3 Propuesta de Ahorro Energético

Luego de obtener estos valores, se procedió a realizar una propuesta que evidenciara las potenciales mejoras en función del ahorro energético y con ello determinar los beneficios y una futura implementación de este tipo de estrategias:

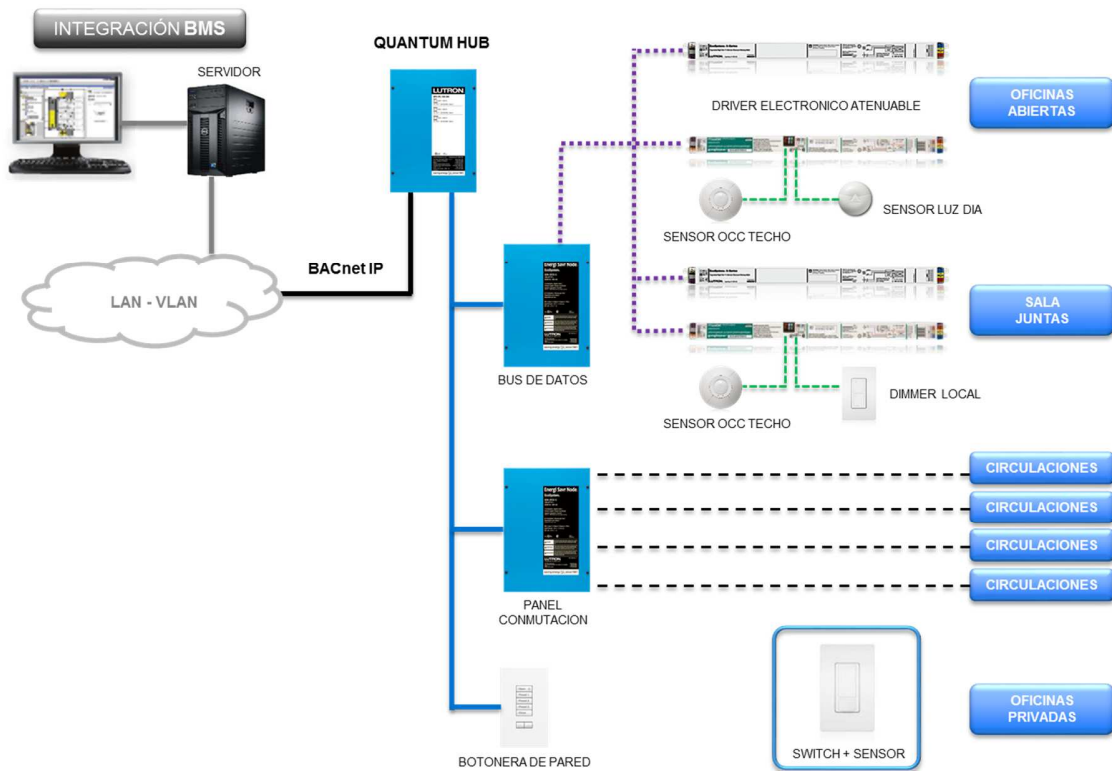


Figura 11. Topología de los Equipos para el Área de Estudio

En la Figura 11, se muestra la topología propuesta la cual está compuesta por una computadora que contiene un software especializado para la gestión y centralización de los dispositivos, permitiendo el control de luces, la programación de horarios, reportes de consumo etc., el cual se conecta vía LAN al Quantum Hub, dispositivo encargado de interconectar los equipos con el software para su control.

Este Quantum Hub interactúa con botoneras, para la selección de escenas pre configuradas en oficinas privadas, con paneles de conmutación para el control digital de las luminarias ubicadas en circulaciones y con buses de datos para el manejo de intensidades y manejo de sensores en las áreas como oficinas abiertas y salas de juntas. Esta topología presentada anteriormente, trae con su implementación los siguientes beneficios:

ILUMINACIÓN EFICIENTE.

- Actualización en tecnología y estandarización de producto.
- Mayor vida útil de insumos (Módulos y Drivers LED).
- Fácil operación y reducción en costos de mantenimiento.
- Implementación luminarias LED de alta eficiencia, formato 60x60cm.
- Implementación luminarias Downlight LED.
- Niveles de iluminación según normativa (RETILAP).
- Aumento de confort visual en iluminación (disminución de nivel de deslumbramiento y efecto caverna).

USO RACIONAL DE ENERGÍA.

- Sistema de Control de Iluminación.
- Uso de Drivers Atenuables en:

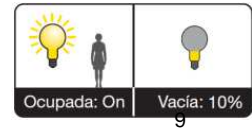
- ✓ Oficinas Abiertas
- ✓ Salas de Juntas



¹⁰Imágenes Tomadas del Catálogo “ Manejo Total de la Iluminación” – compañía Lutron – de la página: <http://www.lutron.com/TechnicalDocumentLibrary/367-1737%20LA%20-%20Manejo%20Total%20de%20la%20Iluminacion%20-%20ESPANOL.pdf>

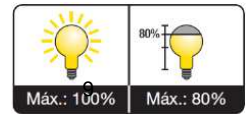
▪ Uso de Sensores de Presencia/Vacancia en:

- ✓ Oficinas Abiertas
- ✓ Oficinas Privadas
- ✓ Sala de Juntas
- ✓ Cafetería



▪ Aprovechamiento de Luz Natural:

- ✓ Oficinas Abiertas



▪ Control Personal en:

- ✓ Sala de Juntas



9

SITIOS SUSTENTABLES

- Reducción de la huella de carbono.
- Responsabilidad Social.

INTEGRACIÓN

- Sistema centralizado de administración de sedes a Futuro.

10.4 Implementación de Equipos y Adquisición de Datos Posteriores

Seguido a ello, se procedió a realizar la implementación de los equipos de eficiencia energética y realizar las correspondientes mediciones de consumo, las cuales se presentan detalladamente en las Tablas 4 y 5, según el área evaluada y junto a ellas las figuras 12 y 13, las cuales representan los consumos promedio según las mediciones de consumo anteriormente mencionadas.

ILUMINACION (10087065)		
FECHA	HORA	LECTURA [kW-h]
04/07/2014	11:25 a. m.	896.14
08/07/2014	04:00 p. m.	943.27
22/07/2014	05:35 p. m.	1080.1
29/07/2014	12:35 p. m.	1139.23
13/08/2014	03:50 p. m.	1258.45
19/08/2014	11:00 a. m.	1307.16
CONSUMO TOTAL [kW-h]		411.02

CONSUMO PROMEDIO [kW]	0.37
------------------------------	-------------

Tabla 4. Mediciones de Consumo Posteriores a la Implementación del Sistema en Iluminación General

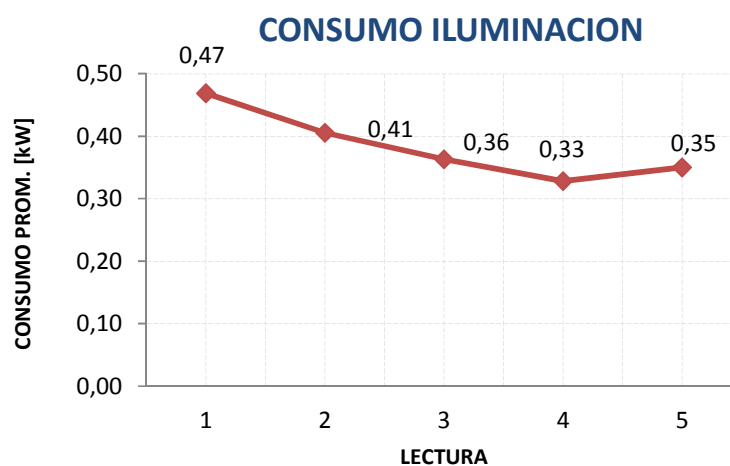


Figura 12. Consumo en Iluminación General

CIRCULACIONES (10086652)		
FECHA	HORA	LECTURA [kW-h]
04/07/2014	11:25 a. m.	675.95
08/07/2014	04:00 p. m.	711.68
22/07/2014	05:35 p. m.	824.14
29/07/2014	12:35 p. m.	869.97
13/08/2014	03:50 p. m.	976.22
19/08/2014	11:00 a. m.	1012.63
CONSUMO TOTAL [kW-h]		336.68

CONSUMO PROMEDIO [kW]	0.31
------------------------------	-------------

Tabla 5. Mediciones de Consumo Posteriores a la Implementación del Sistema en Iluminación de Evacuación

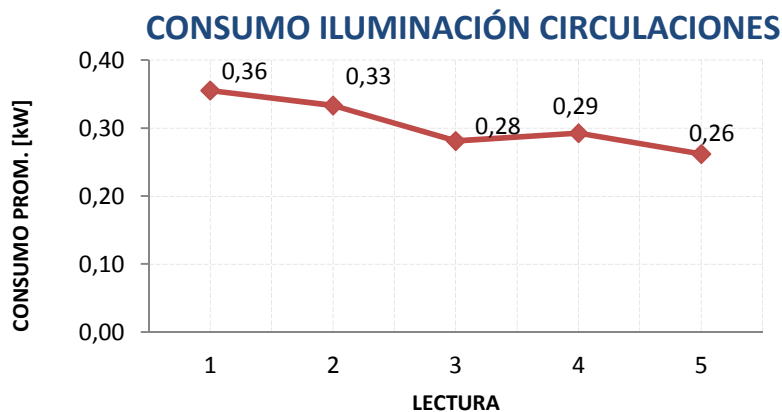


Figura 13. Consumo en Iluminación de Circulaciones

10.5 Ahorros en Consumo Energético.

Con base en las estrategias anteriormente mencionadas y de acuerdo con la operatividad del área de estudio, se proyectaron los siguientes ahorros en consumo energético en iluminación, reposición de insumos y mano de obra (lámparas y drivers), tal como se representa a continuación en la Tabla 6:

INICIAL	PROPUESTA	
OFICINAS ABIERTAS		
LUMINARIA FL 4x17W T8	LUMINARIA LED 37W	AHORRO CARGA INSTALADA
FACTOR DE BALASTO	0.88	42%
POTENCIA [kW]	0.064	
CANTIDAD	51	
POTENCIA TOTAL [kW]	3.264	
	LUMINARIA LED 37W	
	FACTOR DE BALASTO	--
	POTENCIA [kW]	0.037
	CANTIDAD	51
	POTENCIA TOTAL [kW]	1.887
OFICINA PRIVADA 1		
LUMINARIA FL 4x17W T8	LUMINARIA LED 49W	AHORRO CARGA INSTALADA
FACTOR DE BALASTO	0.88	62%
POTENCIA [kW]	0.064	
CANTIDAD	4	
POTENCIA TOTAL [kW]	0.256	
	LUMINARIA LED 49W	
	FACTOR DE BALASTO	--
	POTENCIA [kW]	0.0490
	CANTIDAD	2
	POTENCIA TOTAL [kW]	0.098
OFICINA PRIVADA 2		
LUMINARIA FL 4x17W T8	LUMINARIA LED 49W	AHORRO CARGA INSTALADA
FACTOR DE BALASTO	0.88	62%
POTENCIA [kW]	0.064	
CANTIDAD	8	
POTENCIA TOTAL [kW]	0.512	
	LUMINARIA LED 49W	
	FACTOR DE BALASTO	--
	POTENCIA [kW]	0.0490
	CANTIDAD	4
	POTENCIA TOTAL [kW]	0.196

SALA DE JUNTAS				
LUMINARIA FC 2x26W		LUMINARIA LED 37W		AHORRO CARGA INSTALADA 52%
FACTOR DE BALASTO	0.95	FACTOR DE BALASTO	--	
POTENCIA [kW]	0.0516	POTENCIA [kW]	0.037	
CANTIDAD	6	CANTIDAD	4	
POTENCIA TOTAL [kW]	0.3096	POTENCIA TOTAL [kW]	0.148	
CIRCULACIONES				
LUMINARIA FC 2x26W		LUMINARIA LED 18W		AHORRO CARGA INSTALADA 65%
FACTOR DE BALASTO	0.88	FACTOR DE BALASTO	--	
POTENCIA [kW]	0.0516	POTENCIA [kW]	0.018	
CANTIDAD	23	CANTIDAD	23	
POTENCIA TOTAL [kW]	1.1868	POTENCIA TOTAL [kW]	0.414	
CAFETERIA				
LUMINARIA FL 4x17W T8		LUMINARIA LED 21W		AHORRO CARGA INSTALADA 61%
FACTOR DE BALASTO	0.88	FACTOR DE BALASTO	--	
POTENCIA [kW]	0.064	POTENCIA [kW]	0.0250	
CANTIDAD	2	CANTIDAD	2	
POTENCIA TOTAL [kW]	0.128	POTENCIA TOTAL [kW]	0.05	

Tabla 6. Detalle de la Carga en Cada Una de Las Áreas

Los anteriores datos respecto a tipo de luminaria, carga instalada y ahorro de energía se presentan de manera resumida en la Tabla 7, teniendo en cuenta el tipo de área en el que se encuentran instaladas y la comparación del equipo actual versus el propuesto:

AREA	CARGA INSTALADA	ACTUAL	PROPUESTA	AHORRO ENERGIA
OFICINAS ABIERTAS	[kW]	LUMINARIA FL 4x17W T8	LUMINARIA LED 37W	42%
		3,264	1,887	
OFICINAS PRIVADAS 1	[kW]	LUMINARIA FL 4x17W T8	LUMINARIA LED 49W	62%
		0,256	0,098	
OFICINAS PRIVADAS 2	[kW]	LUMINARIA FL 4x17W T8	LUMINARIA LED 49W	62%
		0,512	0,196	
SALA DE JUNTAS	[kW]	LUMINARIA FC 2x26W	LUMINARIA LED 37W	52%
		0,310	0,148	
CIRCULACIONES	[kW]	LUMINARIA FC 2x26W	LUMINARIA LED 15W	65%
		1,187	0,414	
CAFETERIA	[kW]	LUMINARIA FL 4x17W T8	LUMINARIA LED 21W	61%
		0,128	0,050	
CARGA TOTAL INSTALADA EN ILUMINACION	[kW]	5,66	2,79	51%

Tabla 7. Resumen de Carga Instalada y Propuesta en Cada Uno de los Lugares del Área de Estudio.

10.6 Detalles de Consumo y Carga del Sistema de Iluminación Tradicional

Para determinar la carga promedio y el ahorro que se puede lograr a partir de un sistema de control de iluminación, se realizó el siguiente análisis de consumo teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Se tuvo en cuenta el consumo por hora, según el área analizada tal como se muestra en la Tabla 8.
2. Luego se tuvo en cuenta el uso energético según las horas de funcionamiento en el día (Ver Tabla 9).
3. Teniendo en cuenta el uso energético, se realizó la proyección de consumo de manera diaria, semana, mensual y anual como se representa en la Tabla 10.

OFICINAS ABIERTAS, CIRCULACIONES Y CAFETERIA SISTEMA TRADICIONAL

SISTEMA TRADICIONAL	
LUMINARIA FL 4x17W T8	
FACTOR DE BALASTO	0.88
CONSUMO POR HORA kW	0.064
CANTIDAD	53
TOTAL CONSUMO POR HORA Kw	3.392
LUMINARIA FC 2x26W	
FACTOR DE BALASTO	0.95
CONSUMO POR HORA kW	0.0516
CANTIDAD	23
TOTAL CONSUMO POR HORA Kw	1.1868
TOTAL CONSUMO POR HORA Kw	4.58

Tabla 8. Detalle del Consumo con el Sistema Tradicional en Oficinas Abiertas, Circulaciones y Cafetería.

HORA	L	MA	MI	J	V	S	D
6AM-7AM	10	10	10	10	10	0	0
7AM-8AM	75	75	75	75	75	50	0
8AM-9AM	100	100	100	100	100	50	0
9AM-10AM	100	100	100	100	100	50	0
10AM-11AM	100	100	100	100	100	50	0
11AM-12PM	100	100	100	100	100	50	0
12PM-1PM	100	100	100	100	100	50	0
1PM-2PM	100	100	100	100	100	50	0
2PM-3PM	100	100	100	100	100	0	0
3PM-4PM	100	100	100	100	100	0	0
4PM-5PM	100	100	100	100	100	0	0
5PM-6PM	100	100	100	100	100	0	0
6PM-7PM	100	100	100	100	100	0	0
7PM-8PM	50	50	50	50	50	0	0
8PM-9PM	5	5	5	5	5	0	0
9PM-10PM	5	5	5	5	5	0	0
10PM-11PM	5	5	5	5	5	0	0
11PM-6AM	5	5	5	5	5	0	0
HORAS PROMEDIO	14	14	14	14	14	3	0
HORAS SEMANALES					73		

Tabla9. Uso de Energía Semanal en Oficinas Abiertas, Circulaciones y Cafetería.

HORA	L	MA	MI	J	V	S	D
6AM-7AM	0.458	0.458	0.458	0.458	0.458	0	0
7AM-8AM	3.434	3.434	3.434	3.434	3.434	2.289	0
8AM-9AM	4.579	4.579	4.579	4.579	4.579	2.289	0
9AM-10AM	4.579	4.579	4.579	4.579	4.579	2.289	0
10AM-11AM	4.579	4.579	4.579	4.579	4.579	2.289	0
11AM-12PM	4.579	4.579	4.579	4.579	4.579	2.289	0
12PM-1PM	4.579	4.579	4.579	4.579	4.579	2.289	0
1PM-2PM	4.579	4.579	4.579	4.579	4.579	2.289	0
2PM-3PM	4.579	4.579	4.579	4.579	4.579	0	0
3PM-4PM	4.579	4.579	4.579	4.579	4.579	0	0
4PM-5PM	4.579	4.579	4.579	4.579	4.579	0	0
5PM-6PM	4.579	4.579	4.579	4.579	4.579	0	0
6PM-7PM	4.579	4.579	4.579	4.579	4.579	0	0
7PM-8PM	2.289	2.289	2.289	2.289	2.289	0	0
8PM-9PM	0.229	0.229	0.229	0.229	0.229	0	0
9PM-10PM	0.229	0.229	0.229	0.229	0.229	0	0
10PM-11PM	0.229	0.229	0.229	0.229	0.229	0	0
10PM-6AM	1.832	1.832	1.832	1.832	1.832	0	0
CONSUMO DIARIO kW-h	59.067	59.067	59.067	59.067	59.067	16.026	0
CONSUMO SEMANAL kW-h	311.36						
CONSUMO MENSUAL	1334.40						
COSTO kW-h	\$ 435.6						
COSTO MENSUAL	\$ 581,262						
COSTO ANUAL	\$ 6,975,140						

Tabla 10. Consumos Según el Uso de Energía en Oficinas Abiertas, Circulaciones y Cafetería

En cuanto a las áreas privadas, se analizó de igual manera el consumo por hora como se muestra en la Tabla 11 pero se tuvo en cuenta un uso de energía distinto (Ver Tabla 12), ya que estos espacios presentan un comportamiento de uso diferente a los demás haciendo que se tengan en cuenta otras consideraciones. Por último se calculó el consumo de energía diario y se realizó la proyección de consumo semanal y mensual para determinar el costo de energía anual, tal como se representa en la Tabla 13:

OFICINAS PRIVADAS Y SALAS DE JUNTAS SISTEMA TRADICIONAL

SISTEMA TRADICIONAL	
LUMINARIA FL 4x17W T8	
FACTOR DE BALASTO	0.88
CONSUMO POR HORA Kw	0.064
CANTIDAD	12
TOTAL CONSUMO POR HORA Kw	0.768
LUMINARIA FC 2x26W	
FACTOR DE BALASTO	0.95
CONSUMO POR HORA Kw	0.0516
CANTIDAD	6
TOTAL CONSUMO POR HORA Kw	0.3096
TOTAL CONSUMO POR HORA Kw	
1.08	

Tabla 11. Detalle del Consumo con el Sistema Tradicional en Oficinas Privadas y Sala de Juntas.

HORA	L	MA	MI	J	V	S	D
6AM-7AM	0	0	0	0	0	0	0
7AM-8AM	0	0	0	0	0	0	0
8AM-9AM	0	0	0	0	0	0	0
9AM-10AM	0	0	0	0	0	0	0
10AM-11AM	0	0	0	0	0	0	0
11AM-12PM	0	0	0	0	0	0	0
12PM-1PM	33	33	33	33	33	0	0
1PM-2PM	33	33	33	33	33	0	0
2PM-3PM	66	66	66	66	66	0	0
3PM-4PM	66	66	66	66	66	0	0
4PM-5PM	66	66	66	66	66	0	0
5PM-6PM	100	100	100	100	100	0	0
6PM-7PM	100	100	100	100	100	0	0
7PM-8PM	100	100	100	100	100	0	0
8PM-9PM	0	0	0	0	0	0	0
9PM-10PM	0	0	0	0	0	0	0
10PM-11PM	0	0	0	0	0	0	0
11PM-6AM	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 12. Tabla de Uso de Energía Semanal en Oficinas Privadas y Sala de Juntas

HORA	L	MA	MI	J	V	S	D
6AM-7AM	0	0	0	0	0	0	0
7AM-8AM	0	0	0	0	0	0	0
8AM-9AM	0	0	0	0	0	0	0
9AM-10AM	0	0	0	0	0	0	0
10AM-11AM	0	0	0	0	0	0	0
11AM-12PM	0	0	0	0	0	0	0
12PM-1PM	0.356	0.356	0.356	0.356	0.356	0	0
1PM-2PM	0.356	0.356	0.356	0.356	0.356	0	0
2PM-3PM	0.711	0.711	0.711	0.711	0.711	0	0
3PM-4PM	0.711	0.711	0.711	0.711	0.711	0	0
4PM-5PM	0.711	0.711	0.711	0.711	0.711	0	0
5PM-6PM	1.078	1.078	1.078	1.078	1.078	0	0
6PM-7PM	1.078	1.078	1.078	1.078	1.078	0	0
7PM-8PM	1.078	1.078	1.078	1.078	1.078	0	0
8PM-9PM	0	0	0	0	0	0	0
9PM-10PM	0	0	0	0	0	0	0
10PM-11PM	0	0	0	0	0	0	0
10PM-6AM	0	0	0	0	0	0	0
CONSUMO DIARIO kW-h	6.078	6.078	6.078	6.078	6.078	0	0
CONSUMO SEMANAL kW-h	30.388						
CONSUMO MENSUAL kW-h	130.236						
COSTO kW-h	\$ 435.6						
COSTO MENSUAL	\$ 56,731						
COSTO ANUAL	\$ 680,768						

Tabla 13. Consumos Según el Uso de Energía en Oficinas Privadas y Sala de Juntas

Teniendo en cuenta el consumo mensual de energía total (Oficinas Abiertas, Oficinas Privadas, Circulaciones, Sala de Juntas y Cafetería) (Ver Tabla 14), se procedió a calcular la carga promedio

CONSUMO MENSUAL EN OFICINAS ABIERTAS, CIRCULACIONES Y CAFETERIA	1334.393 kW-h
CONSUMO MENSUAL EN OFICINAS PRIVADAS Y SALA DE JUNTAS	130.236 kW-h
CONSUMO TOTAL MENSUAL EN AREA DE ESTUDIO	1464.629kW-h

Tabla 14. Consumo Total de Energía en el Área de Estudio

Con el consumo mensual, se procedió a calcular la carga promedio por hora que tiene el sistema:

$$Carga\ Promedio/Dia = \frac{1464.629}{30} = 48.82\ kW - h$$

$$Carga\ Promedio/Hora = \frac{48.82}{24} = 2.03\ kW$$

10.7 Detalles de Consumo y Carga del Sistema de Iluminación Propuesto

Luego de analizar la carga y los consumos con el sistema de energía tradicional, se dio paso a realizar los mismos cálculos a partir de la propuesta de implementación de equipos y sistemas eficientes en iluminación y a exponer los ahorros que se pueden obtener:

Para ello se tuvo en cuenta el consumo por hora haciendo provecho de la luz día (Ver Tabla 15) y el uso de energía ajustado a este caso en particular (Ver Figura 14 y Tabla 16) para luego estimar el consumo semanal y mensual para determinar el costo anual de consumo energético como se representa en la Tabla 17.

PROPUESTA OFICINAS ABIERTAS, CIRCULACIONES Y CAFETERIA

SISTEMA LUZ DÍA OFICINAS ABIERTAS

LUMINARIA LED 37W	
FACTOR DE BALASTO	-
CONSUMO POR HORA kW	0.037
CANTIDAD	22
TOTAL CONSUMO POR HORA Kw	0.814
TOTAL CONSUMO POR HORA Kw	0.814

Tabla 15. Detalle del Consumo por Hora con el Sistema de Ahorro Luz Día en Oficinas Abiertas

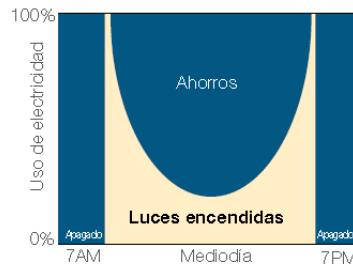


Figura 14. Comportamiento del Uso Energético con Aprovechamiento de la Luz Día

HORA	L	MA	MI	J	V	S	D
6AM-7AM	10	10	10	10	10	10	0
7AM-8AM	40	40	40	40	40	40	0
8AM-9AM	65	65	65	65	65	65	0
9AM-10AM	55	55	55	55	55	55	0
10AM-11AM	45	45	45	45	45	45	0
11AM-12PM	35	35	35	35	35	35	0
12PM-1PM	25	25	25	25	25	25	0
1PM-2PM	35	35	35	35	35	35	0
2PM-3PM	45	45	45	45	45	0	0
3PM-4PM	55	55	55	55	55	0	0
4PM-5PM	65	65	65	65	65	0	0
5PM-6PM	75	75	75	75	75	0	0
6PM-7PM	50	50	50	50	50	0	0
7PM-8PM	40	40	40	40	40	0	0
8PM-9PM	0	0	0	0	0	0	0
9PM-10PM	0	0	0	0	0	0	0
10PM-11PM	0	0	0	0	0	0	0
11PM-6AM	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 16. Uso de Energía Semanal con Sistema Luz Día.

HORA	L	MA	MI	J	V	S	D
6AM-7AM	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.000
7AM-8AM	0.326	0.326	0.326	0.326	0.326	0.326	0.000
8AM-9AM	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	0.000
9AM-10AM	0.448	0.448	0.448	0.448	0.448	0.448	0.000
10AM-11AM	0.366	0.366	0.366	0.366	0.366	0.366	0.000
11AM-12PM	0.285	0.285	0.285	0.285	0.285	0.285	0.000
12PM-1PM	0.204	0.204	0.204	0.204	0.204	0.204	0.000
1PM-2PM	0.285	0.285	0.285	0.285	0.285	0.285	0.000
2PM-3PM	0.366	0.366	0.366	0.366	0.366	0.000	0.000
3PM-4PM	0.448	0.448	0.448	0.448	0.448	0.000	0.000
4PM-5PM	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	0.000	0.000
5PM-6PM	0.611	0.611	0.611	0.611	0.611	0.000	0.000
6PM-7PM	0.407	0.407	0.407	0.407	0.407	0.000	0.000
7PM-8PM	0.326	0.326	0.326	0.326	0.326	0.000	0.000
8PM-9PM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9PM-10PM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10PM-11PM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11PM-6AM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CONSUMO DIARIO kW-h	5.210	5.210	5.210	5.210	5.210	2.523	0.000
CONSUMO SEMANAL kW-h	28.571						
CONSUMO MENSUAL	122.449						
COSTO kW-h	\$ 435.6						
COSTO MENSUAL	\$ 53,339						
COSTO ANUAL	\$ 640,065						

Tabla 17. Consumos Según el Uso de Energía en Oficinas Abiertas y con el Aprovechamiento de la Luz Día.

Luego se realizó el mismo análisis para el resto del área en oficinas abiertas, considerando el consumo total por hora (Ver Tabla 18), el uso de Energía semanal (Ver Figura 15 y Tabla 19) y los consumos semanales y mensuales junto con el costo energético anual (Ver Tabla 20) tal como se realizó anteriormente.

PROPUESTA SISTEMA OFICINAS ABIERTAS

LUMINARIA LED 37W	
FACTOR DE BALASTO	-
CONSUMO POR HORA kW	0.037
CANTIDAD	29
TOTAL CONSUMO POR HORA Kw	1.073
LUMINARIA DOWNLIGHT LED 15W	
FACTOR DE BALASTO	-
CONSUMO POR HORA kW	0.018
CANTIDAD	23
TOTAL CONSUMO POR HORA Kw	0.414
LUMINARIA DOWNLIGHT LED 21W	
FACTOR DE BALASTO	N/A
CONSUMO POR HORA kW	0.025
CANTIDAD	2
TOTAL CONSUMO POR HORA Kw	0.05
TOTAL CONSUMO POR HORA Kw	1.537

Tabla 18. Detalle del Consumo por Hora con el Sistema de Ahorro en Oficinas Abiertas, Circulaciones y Cafetería

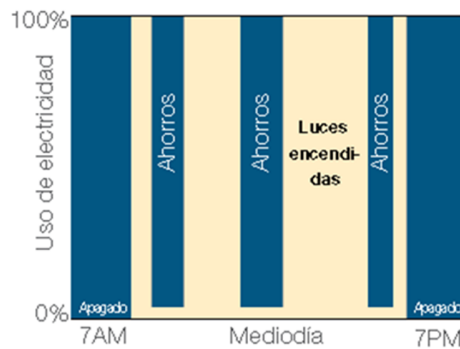


Figura 15. Comportamiento del Uso Energético con el Uso de Sensores de Ocupación y Ajuste de Intensidades

HORA	L	MA	MI	J	V	S	D
6AM-7AM	10	10	10	10	10	10	0
7AM-8AM	40	40	40	40	40	40	0
8AM-9AM	90	90	90	90	90	40	0
9AM-10AM	90	90	90	90	90	40	0
10AM-11AM	90	90	90	90	90	40	0
11AM-12PM	90	90	90	90	90	40	0
12PM-1PM	90	90	90	90	90	40	0
1PM-2PM	90	90	90	90	90	40	0
2PM-3PM	90	90	90	90	90	0	0
3PM-4PM	90	90	90	90	90	0	0
4PM-5PM	90	90	90	90	90	0	0
5PM-6PM	90	90	90	90	90	0	0
6PM-7PM	50	50	50	50	50	0	0
7PM-8PM	40	40	40	40	40	0	0
8PM-9PM	0	0	0	0	0	0	0
9PM-10PM	0	0	0	0	0	0	0
10PM-11PM	0	0	0	0	0	0	0
11PM-6AM	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 19. Uso de Energía Semanal con la Propuesta de Ahorro en Oficinas Abiertas, Circulaciones y Cafetería.

HORA	L	MA	MI	J	V	S	D
6AM-7AM	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0
7AM-8AM	0.615	0.615	0.615	0.615	0.615	0.615	0
8AM-9AM	1.383	1.383	1.383	1.383	1.383	0.615	0
9AM-10AM	1.383	1.383	1.383	1.383	1.383	0.615	0
10AM-11AM	1.383	1.383	1.383	1.383	1.383	0.615	0
11AM-12PM	1.383	1.383	1.383	1.383	1.383	0.615	0
12PM-1PM	1.383	1.383	1.383	1.383	1.383	0.615	0
1PM-2PM	1.383	1.383	1.383	1.383	1.383	0.615	0
2PM-3PM	1.383	1.383	1.383	1.383	1.383	0	0
3PM-4PM	1.383	1.383	1.383	1.383	1.383	0	0
4PM-5PM	1.383	1.383	1.383	1.383	1.383	0	0
5PM-6PM	1.383	1.383	1.383	1.383	1.383	0	0
6PM-7PM	0.769	0.769	0.769	0.769	0.769	0	0
7PM-8PM	0.615	0.615	0.615	0.615	0.615	0	0
8PM-9PM	0	0	0	0	0	0	0
9PM-10PM	0	0	0	0	0	0	0
10PM-11PM	0	0	0	0	0	0	0
11PM-6AM	0	0	0	0	0	0	0
CONSUMO DIARIO kW-h	15.985	15.985	15.985	15.985	15.985	4.457	0
CONSUMO SEMANAL kW-h	84.381						
CONSUMO MENSUAL	361.634						
COSTO kW-h	\$ 435.6						
COSTO MENSUAL	\$ 157,528						
COSTO ANUAL	\$ 1,890,334						

Tabla 20. Consumos Según el Uso de Energía en Oficinas Abiertas, Circulaciones y Cafetería.

De la misma manera, se realizó el estimado de consumo por hora, uso de energía y costos para las oficinas privadas y las salas de juntas (Ver Tablas 21 a 23), teniendo en cuenta el sistema de ahorro de energía implementado

PROPUESTA OFICINAS PRIVADAS Y SALAS DE JUNTAS

LUMINARIA LED 49W	
FACTOR DE BALASTO	1
CONSUMO POR HORA kW	0.049
CANTIDAD	6
TOTAL CONSUMO POR HORA Kw	0.294
LUMINARIA LED 37W	
FACTOR DE BALASTO	N/A
CONSUMO POR HORA kW	0.037
CANTIDAD	4
TOTAL CONSUMO POR HORA Kw	0.148
TOTAL CONSUMO POR HORA Kw	0.442

Tabla 21. Detalle del Consumo por Hora con el Sistema de Ahorro en Oficinas Privadas y Salas de Juntas.

HORA	L	MA	MI	J	V	S	D
6AM-7AM	0	0	0	0	0	0	0
7AM-8AM	0	0	0	0	0	0	0
8AM-9AM	0	0	0	0	0	0	0
9AM-10AM	0	0	0	0	0	0	0
10AM-11AM	0	0	0	0	0	0	0
11AM-12PM	0	0	0	0	0	0	0
12PM-1PM	33	33	33	33	33	0	0
1PM-2PM	33	33	33	33	33	0	0
2PM-3PM	66	66	66	66	66	0	0
3PM-4PM	66	66	66	66	66	0	0
4PM-5PM	66	66	66	66	66	0	0
5PM-6PM	100	100	100	100	100	0	0
6PM-7PM	100	100	100	100	100	0	0
7PM-8PM	100	100	100	100	100	0	0
8PM-9PM	0	0	0	0	0	0	0
9PM-10PM	0	0	0	0	0	0	0
10PM-11PM	0	0	0	0	0	0	0
11PM-6AM	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 22. Uso de Energía Semanal con el Sistema de Ahorro en Oficinas Privadas y Salas de Juntas

HORA	L	MA	MI	J	V	S	D
6AM-7AM	0	0	0	0	0	0	0
7AM-8AM	0	0	0	0	0	0	0
8AM-9AM	0	0	0	0	0	0	0
9AM-10AM	0	0	0	0	0	0	0
10AM-11AM	0	0	0	0	0	0	0
11AM-12PM	0	0	0	0	0	0	0
12PM-1PM	0.146	0.146	0.146	0.146	0.146	0	0
1PM-2PM	0.146	0.146	0.146	0.146	0.146	0	0
2PM-3PM	0.292	0.292	0.292	0.292	0.292	0	0
3PM-4PM	0.292	0.292	0.292	0.292	0.292	0	0
4PM-5PM	0.292	0.292	0.292	0.292	0.292	0	0
5PM-6PM	0.442	0.442	0.442	0.442	0.442	0	0
6PM-7PM	0.442	0.442	0.442	0.442	0.442	0	0
7PM-8PM	0.442	0.442	0.442	0.442	0.442	0	0
8PM-9PM	0	0	0	0	0	0	0
9PM-10PM	0	0	0	0	0	0	0
10PM-11PM	0	0	0	0	0	0	0
11PM-6AM	0	0	0	0	0	0	0
CONSUMO DIARIO kW-h	2.493	2.493	2.493	2.493	2.493	0	0
CONSUMO SEMANAL kW-h	12.464						
CONSUMO MENSUAL	53.419						
COSTO kW-h	\$ 435.6						
COSTO MENSUAL	\$ 23,269						
COSTO ANUAL	\$ 279,231						

Tabla 23. Consumos Según el Uso de Energía en Oficinas Privadas y Salas de Juntas

Contando con los consumos mensuales anteriormente hallados, se procedió a realizar un análisis más detallado, en donde se ajustaron los valores de ahorro a partir de los elementos implementados y de las áreas analizadas (Ver Detalle de Ahorros de las Tabla 24 a la Tabla 26):

SISTEMA - LUZ DÍA - OFICINAS ABIERTAS

CONSUMO MENSUAL DE ENERGIA (Kw-h)	122.449
AHORRO ADICIONAL POR AJUSTE DE NIVEL	20%
AHORRO ADICIONAL POR AJUSTE DE NIVEL	24.49
CONSUMO DE ENERGIA CON AJUSTE DE NIVEL (Kw-h)	97.96
AHORRO POR SENSOR DE OCUPACION	15%
AHORRO POR SENSOR DE OCUPACION	14.69
CONSUMO DE ENERGIA CON SENSOR DE OCUPACIÓN (Kw-h)	83.27
CONSUMO DE ENERGIA CON SENSOR LUZ DÍA - SENSOR DE OCUPACION Y CONTROL DE HORARIOS (Kw-h)	83.27

Tabla 24. Costo de Energía en Oficinas Abiertas Teniendo en Cuenta los Ahorros que Conllevan la Implementación de Sensores de Luz Día.

SISTEMA OFICINAS ABIERTAS

CONSUMO MENSUAL DE ENERGIA (Kw-h)	361.63
AHORRO ADICIONAL POR AJUSTE DE NIVEL	20%
AHORRO ADICIONAL POR AJUSTE DE NIVEL	72.33
CONSUMO DE ENERGIA CON AJUSTE DE NIVEL (Kw-h)	289.31
AHORRO POR SENSOR DE OCUPACION	15%
AHORRO POR SENSOR DE OCUPACION	43.40
CONSUMO DE ENERGIA CON SENSOR DE OCUPACIÓN (Kw-h)	245.91
CONSUMO DE ENERGIA CON SENSOR LUZ DÍA - SENSOR DE OCUPACION Y CONTROL DE HORARIOS (Kw-h)	245.91

Tabla 25. Costo de Energía en Oficinas Abiertas Teniendo en Cuenta la Implementación de Sistemas de Ahorro.

SISTEMA OFICINAS PRIVADAS Y SALA DE JUNTAS

COCONSUMO MENSUAL DE ENERGIA (Kw-h)	53.42
AHORRO POR SENSOR DE OCUPACIÓN	15%
AHORRO POR SENSOR DE OCUPACIÓN	8.01
CONSUMO DE ENERGIA POR SENSOR DE OCUPACION (Kw-h)	45.41

Tabla 26. Costo de Energía en Oficinas Privadas con la Implementación de Estrategias de Ahorro de Energía.

Teniendo en cuenta el costo anual de energía total (Oficinas Abiertas, Oficinas Privadas, Circulaciones, Sala de Juntas y Cafetería) con el sistema propuesto, se procedió a calcular la carga promedio:

CONSUMO MENSUAL CON SISTEMA LUZ DIA EN OFICINAS ABIERTAS	83.27(Kw-h)
CONSUMO MENSUAL CON EL SISTEMA EN OFICINAS ABIERTAS, CIRULACIONES Y CAFETERIA	245.91(Kw-h)
CONSUMO MENSUAL CON SISTEMA EN OFICINAS PRIVADAS Y SALA DE JUNTAS	45.41(Kw-h)
CONSUMO TOTAL MENSUAL EN AREA DE ESTUDIO	374.58(Kw-h)

Con el consumo mensual, se procedió a calcular la carga promedio por hora que tiene el sistema:

$$Carga\ Promedio/Dia = \frac{374.58}{30} = 12.486\ kW - h$$

$$Carga\ Promedio/Hora = \frac{12.486}{24} = 0.520\ kW$$

10.8 Detalles de Ahorro en Reposición y Mantenimiento de Equipos

Por último, se realizó en detalle el ahorro que se puede lograr en cuanto a la reposición de equipos, ya que este factor también representa un ahorro económico para la empresa que lo implemente y es de gran importancia su consideración (Ver Tabla 27).

BOMBILLAS SISTEMA EXISTENTE	
HORAS PROMEDIO USO SEMANAL	73
HORAS DE USO ANUAL	3,796
LUMINARIA FL 4x17W T8	
VIDA UTIL	15,000
FACTOR REPOSICION ANUAL	0.253
VALOR BOMBILLA	\$ 3,500
CANTIDAD DE BOMBILLAS	260
COSTO ANUAL DE REPOSICION	\$ 230,291
LUMINARIA FC 2x26W	
VIDA UTIL	8,000
FACTOR REPOSICION ANUAL	0.475
VALOR BOMBILLA	\$ 8,500
CANTIDAD DE BOMBILLAS	58
COSTO ANUAL DE REPOSICION	\$ 233,929

BALASTOS SISTEMA EXISTENTE	
VIDA UTIL BALASTO	30,000
FACTOR DE REPOSICION	0.127
COSTO BALASTO	\$ 35,000
CANTIDAD DE BALASTOS	94
COSTO ANUAL DE REPOSICION	\$ 417,830

RETROFIT LED	
HORAS PROMEDIO USO SEMANAL	73
HORAS DE USO ANUAL	3,796
LUMINARIA LED 37W	
VIDA UTIL MODULO LED 37W	50,000
FACTOR REPOSICION ANUAL	0.0759
VALOR MODULO LED	\$ 7,862
CANTIDAD DE MODULOS LED	110
COSTO ANUAL DE REPOSICION	\$ 65,643
LUMINARIA LED 49W	
VIDA UTIL MODULO LED 17W	50,000
FACTOR REPOSICION ANUAL	0.0759
VALOR MODULO LED	\$ 7,862
CANTIDAD DE MODULOS LED	12
COSTO ANUAL DE REPOSICION	\$ 7,163

LUMINARIA LED 15W	
VIDA UTIL MODULO LED 17W	50,000
FACTOR REPOSICION ANUAL	0.0759
VALOR MODULO LED	\$ 4,554
CANTIDAD DE MODULOS LED	23
COSTO ANUAL DE REPOSICION	\$ 7,950

LUMINARIA LED 21W	
VIDA UTIL MODULO LED 17W	50,000
FACTOR REPOSICION ANUAL	0.0759
VALOR MODULO LED	\$ 6,072
CANTIDAD DE MODULOS LED	2
COSTO ANUAL DE REPOSICION	\$ 922

DRIVER RETROFIT LED	
VIDA UTIL DRIVER LED	50,000
FACTOR DE REPOSICION	0.0759
COSTO DRIVER	\$ 7,592
CANTIDAD DE DRIVER	86
COSTO ANUAL DE REPOSICION	\$ 49,569

MANO DE OBRA MANTENIMIENTO EXISTENTE		MANO DE OBRA MANTENIMIENTO EFICIENTE	
COSTO ANUAL MTTO/LUMINARIA	\$933,300	COSTO ANUAL MTTO/LUMINARIA	\$130,548
COSTO ANUAL MTTO/BALASTO	\$143,256	COSTO ANUAL MTTO/DRIVER	\$78,329
COSTO TOTAL MTTO	\$1,076,556	COSTO TOTAL MTTO	\$208,877

TOTAL REPOSICION Y MANTENIMIENTO ANUAL BOMBILLAS	\$ 1,397,520	TOTAL REPOSICION Y MANTENIMIENTO ANUAL BOMBILLAS	\$194,769
TOTAL REPOSICION Y MANTENIMIENTO ANUAL BALASTOS	\$ 561,356	TOTAL REPOSICION Y MANTENIMIENTO ANUAL DRIVER	\$ 127,898
TOTAL REPOSICION Y MANTENIMIENTO ANUAL	\$ 1,958,876	TOTAL REPOSICION Y MANTENIMIENTO ANUAL	\$322,666
TOTAL REPOSICION Y MANTENIMIENTO MENSUAL	\$ 163,240	TOTAL REPOSICION Y MANTENIMIENTO MENSUAL	\$26,888.87

Tabla 27. Cuadro Comparativo Reposición de Equipos del Sistema Tradicional Vs Sistema Propuesto

10.9 Resumen Comparativo del Sistema Tradicional Vs el Sistema Propuesto

A continuación a manera de resumen en la Tabla 28, se presenta el comparativo del sistema actual con el propuesto analizando la carga instalada, la carga promedio, los costos en cuanto a reposición de equipos y los ahorros derivados de cada uno de estos ítems.

ENERGIA			
ACTUAL		PROPUESTA	
CARGA INSTALADA ILUMINACION [kW]	5,66	CARGA INSTALADA ILUMINACION EFIC. [kW]	2,79
CARGA PROMEDIO ILUMINACION [kW]	2,03	CARGA PROMEDIO CON SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACION [kW]	0,52
		AHORRO ENERGIA CON ILUMINACION EFICIENTE	51%
		AHORRO ENERGIA CON SISTEMA DE CONTROL	74%
AHORRO 28% TOTAL			
REPOSICIÓN DE EQUIPOS			
ACTUAL		PROPUESTA	
TOTAL REPOSICION ANUAL	\$ 1,958,876	TOTAL REPOSICION ANUAL	\$ 322,666
		AHORRO REPOSICION ANUAL	83.5%

Tabla 28. Cuadro Comparativo Reposición de Equipos del Sistema Tradicional Vs Sistema Propuesto

10.10 Evaluación Posterior a la Implementación de Equipos

Luego de ello se tomaron las correspondientes fotos del área intervenida, con el fin de plasmar y dar evidencia del cambio realizado con la implementación del sistema de ahorro tal como se muestra de la Figura 16 a la 18.



Figura 16. Foto #1 – Área de Estudio con Implementación de Equipos



Figura 17. Foto #2 – Área de Estudio con Implementación de Equipos



Figura 18. Foto #3 – Área de Estudio con Implementación de Equipos

De igual manera, se procedió a medir los niveles de iluminación resultantes con el sistema implementado (Ver Figuras 19 y 20):

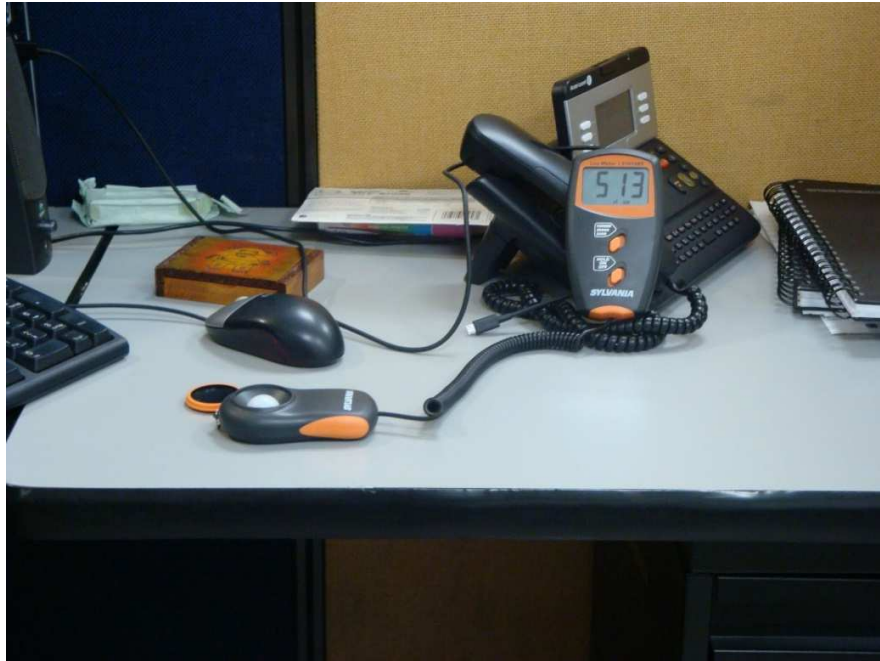


Figura 19. Foto #4 – Nivel de Iluminación en Oficinas Abiertas



Figura 20. Foto #5 – Nivel de Iluminación en Sala de Juntas

Los anteriores registros fotográficos pueden ser contrastados con las simulaciones de iluminación realizadas con el programa Relux Suite Pro, los cuales hacen parte del presente documento en el Anexo 2.

10.11 Relación de Costos y Retorno de la Inversión.

Por otro lado, como complemento a la realización de este proyecto, a continuación se presentan los costos generados para la implementación del sistema de ahorro resumidos en la Tabla 29, con el fin de posteriormente realizar el cálculo del tiempo de retorno de la inversión:

DETALLE	SIN IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE AHORRO	CON IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE AHORRO
CARGA INSTALADA ILUMINACION [kW]	5.66	2.79
CARGA PROMEDIO CON SISTEMA DE CONTROL [Kw]	2.03	0.52
OPERATIVIDAD [HORAS]	73	73
CONSUMO MENSUAL ILUMINACIÓN [kW-h]	1464.629	374.58
COSTO \$/kW-h	\$ 465.6	\$ 465.6
COSTO MENSUAL ILUMINACION	\$ 681,931	\$ 174,404
COSTO ANUAL ILUMINACION	\$ 8,183,172	\$ 2,092,848
AHORRO DE ENERGIA EN ILUMINACION	---	74 %
AHORRO TOTAL	---	28 %
NIVEL PROM DE ILUMINACION PUESTO DE TRABAJO [LUX]	120 - 200	300-400
TOTAL REPOSICION Y MANTENIMIENTO ANUAL INSUMOS	\$ 1,958,876	\$ 322,666
AHORRO POR REPOSICION Y MANTENIMIENTO	---	83.5 %
AHORRO ANUAL TOTAL (ENERGÍA + MANTENIMIENTO)	---	\$ 7,726,534
COSTO IMPLEMENTACION LUMINARIAS		\$ 19,125,511
COSTO IMPLEMENTACION SISTEMA DE CONTROL		\$ 17,246,730
ROI [AÑOS]		4.7

Tabla 29. Detalle de Costos y Ahorros con el Tiempo de Retorno de la Inversión.

10.12 Temas que Generan Valor Agregado al Proyecto.

- Reducción de carga instalada en iluminación.
- Actualización con la tecnología más apropiada en cuanto a uso y aplicación.
- Uso de fuentes luminosas eficaces y larga vida útil.
- Reducción en costos de reposición y mantenimiento en iluminación.
- Mejoramiento de niveles de iluminación y confort visual.
- Uso Racional de Energía, mediante la implementación de sistema de control de iluminación, con atenuación, sensor de luz día, sensor de presencia y control de intensidades.
- Conciencia social de ahorro de energía.

10.13 Escalabilidad

El sistema a implementar en las oficinas será un sistema automático, el cual contara con la opción de escalabilidad logrando un sistema más robusto a futuro. Dicho sistema se lograra mediante la implementación de otros dispositivos y el software de control de iluminación Quantum, el cual ofrece a los usuarios la capacidad de controlar, supervisar, manejar e informar sobre el uso de la energía de iluminación desde una sola luminaria hasta instalaciones completas de un edificio o complejo de edificios.

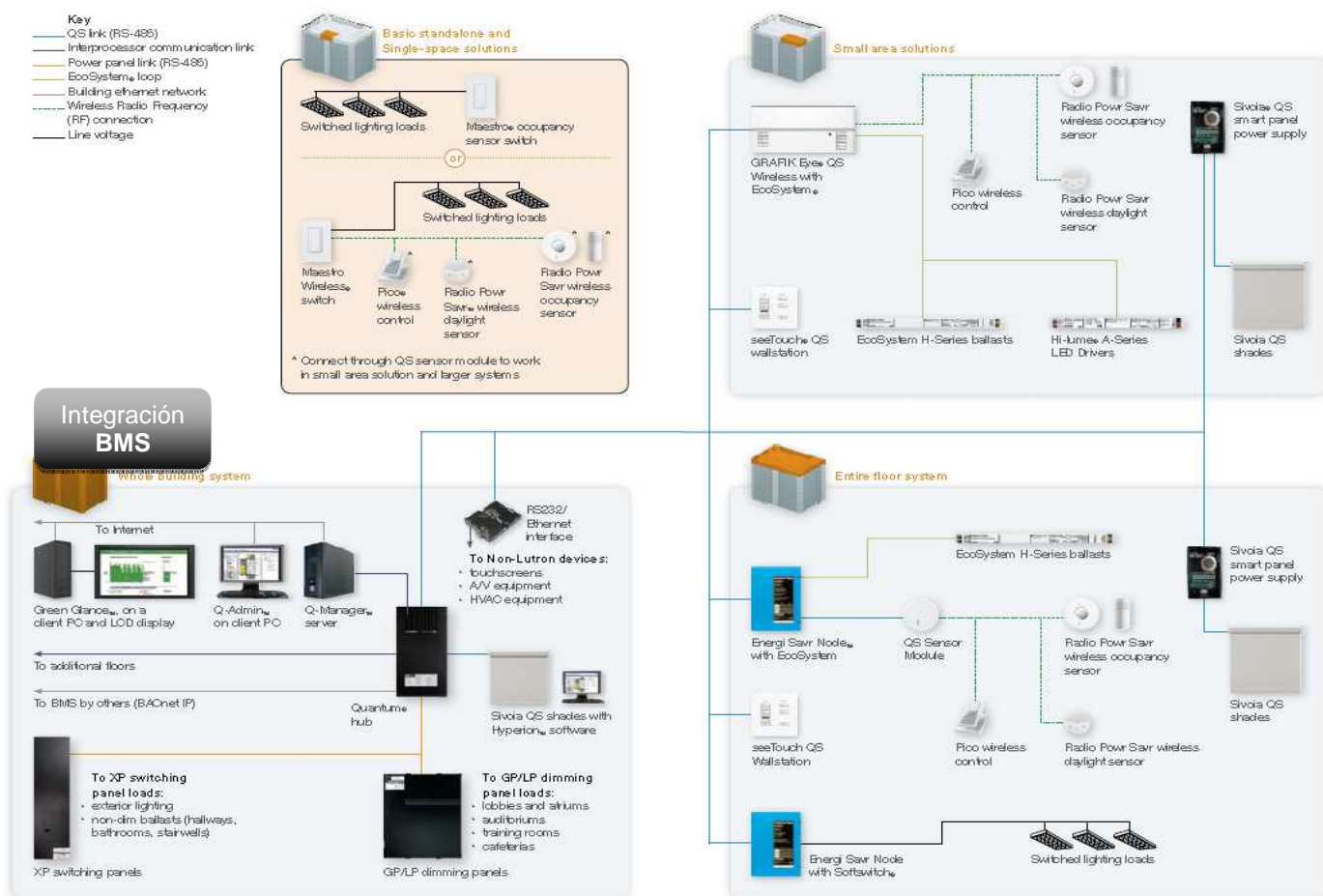


Figura 21. Escalabilidad del Sistema de Control de Iluminación

En la Figura 21, se representa el esquema de escalabilidad que el sistema ofrece, en donde se puede iniciar con soluciones para un solo espacio con la combinación de sensores de presencia, fotoeléctricos y controles de atenuación logrando un sistema de iluminación sencillo y productivo.

En un mayor grado se tienen soluciones para áreas pequeñas combinando el control de iluminación con la automatización de cortinas, mejorando el uso de los espacios y maximizando su funcionalidad para un mayor ahorro de energía.

Luego se observa cómo se puede optimizar el sistema para un piso completo con el uso de drivers atenuadores direccionables que proporcionan ahorros significativos, un aumento en la vida de las luminarias y una reducción en los costos de mantenimiento.

Por último, este tipo de sistemas se pueden maximizar para el control de un edificio completo o campus, en donde se administre, supervise y se generen informes del uso completo de la energía en cuanto a iluminación, obteniendo un rendimiento óptimo y un aumento de la productividad. Todo esto se logra gracias a la interconexión de los dispositivos con el sistema de gestión y el servidor dedicado a iluminación.

10.14 Confort Para el Usuario.

Se buscó implementar un sistema de iluminación con luminarias tipo volumétrico de alta eficiencia y con un policarbonato de alta transmitancia, que generó excelentes niveles de iluminación sin causar deslumbramiento, conservando el confort visual de los ocupantes.

Las luminarias volumétricas de alta eficiencia tienen la capacidad de abrir la luz a 85 grados. Con esto se logra que con pocos puntos de luz, la iluminación sea uniforme, de manera que si sucede una remodelación los niveles sean adecuados en los espacios de trabajo. Además, al hacer un cubrimiento volumétrico se logra eliminar el efecto caverna en las paredes y con esto mejorar el confort visual.

Un ejemplo de la transición de una tecnología de luminarias parabólicas a volumétricas se puede observar en las Figuras 22 y 23, dejando a la vista un ambiente más claro y la reducción de sombras en las áreas de intersección entre las paredes y el techo.



Figura 22. Luminaria Parabólica



Figura 23. Luminaria Volumétrica

10.15 Reducción de la Huella de Carbono

El CO₂ proviene de la quema de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón o el gas natural las cuales son de extracción natural y que al quemarlos inyectamos a la atmósfera un CO₂ que estaba confinado o atrapado emitiendo gases perjudiciales para medio ambiente.

Dicho esto, la huella de carbono puede definirse como el cálculo de la totalidad de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por un individuo, organización, evento o producto de forma directa e indirecta. Para su cálculo se reúne toda la información sobre los consumos directos e indirectos de energía generados por una organización y se traducen en emisiones de CO₂ equivalentes, en donde cada kW/h ahorrado en electricidad evita la emisión de 0.65kgCO₂/kWh a la atmosfera¹¹.

Para el caso de nuestro estudio en particular, se presenta la siguiente reducción de la huella de carbono:

1 kW-h ahorrado	➔	0.65 Kg Co2 no emitido
13,081 kW-h ahorrado anual	➔	8,502.65 Kg Co2 no emitido

Tabla 30. Detalle en la Reducción de la Huella de Carbono.

¹¹ Información Tomada y Referenciada de la Página: <http://arboliza.es/compensar-co2/calculo-co2.html>

11. CONCLUSIONES

A partir de la realización de este proyecto se pueden inferir las siguientes conclusiones:

- La implementación de iluminación eficiente en conjunto con sistemas de control de iluminación y uso racional de energía, trae consigo ahorros energéticos y económicos, que para este caso son del 74% y del 28% respectivamente, teniendo en cuenta que debido a la carga se tiene un 51% de ahorro y a la reposición y mantenimiento de equipos un 83.5%, haciendo que este tipo de sistemas sean útiles y beneficiosos en cualquier área.
- Con la implementación de luminarias del tipo LED, se pueden lograr una mayor intensidad en los niveles de iluminación a un menor costo a futuro, teniendo asegurado no solo los niveles acordes con el área de trabajo donde se encuentren proporcionando no solo confort sino bienestar a las personas, sino una mayor vida útil en sus equipos y accesorios, proporcionando mayores ahorros y beneficios para el usuario no solo en el sector comercial sino en el residencial también.
- Se pudo observar como la tecnología fluorescente en iluminación ya está siendo obsoleta e innecesaria, no solo por el gasto energético que su uso produce, sino por el gasto económico en cuanto a costos de mantenimiento, reparación y operatividad, haciendo que el uso de nuevas tecnologías como la LED sean más atractivas, en donde no solo se reducen los anteriormente mencionados, sino que en conjunto con sistemas de control y estrategias de uso racional de energía, se pueden obtener ahorros mayores que serán de beneficio para el usuario final y para el medio ambiente.
- Es importante el uso de herramientas de simulación como el Relux Suite Pro, ya que ayudan a realizar un estimado de los niveles de iluminación que se pueden lograr con el uso de iluminación eficiente, ofreciendo bienestar y confort para las personas que realicen sus actividades diarias en dichas áreas, dando cumplimiento a la norma RETILAP en lo concerniente a este tema.
- Se realizó un estimado de retorno de la inversión (4.7 años), en donde el ahorro anual obtenido por la implementación de estos sistemas (\$7, 726, 534) cubrirá el costo del mismo en ese tiempo, permitiendo que transcurridos los 4.7 años, se pueda contar con dicho ahorro pueda ser de beneficio a futuro.

12. BIBLIOGRAFÍA

12.1 Bibliografía Citada

- [1]. Artículo sobre Energía y Desarrollo Económico en América Latina - <http://www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=221>
- [2]. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD – Ministerio de Minas y Energía - Disponible en : http://www.pnud.org.co/img_upload/36353463616361636163616361636163/70467GEFPIMS.pdf
- [3]. U.S. Administración de información sobre Energía, Encuesta sobre el Consumo de Energía en Edificios Comerciales 2003, lanzada en abril 2009 - www.eia.doe.gov/emeu/cbecs/cbecs2003/lighting/lighting1.html
- [4]. Brochure de la compañía LUTRON para el tema LEED de: <http://www.lutron.com/technicaldocumentlibrary/367-679.pdf>
- [5]. Ley 697 de 2001, Alcaldía de Bogotá, Tomado de la página: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4449>
- [6]. Norma Técnica RETIE, Colombiana de Ingeniería y Suministros Ltda., http://www.colombianaing.com/contenido.php?id_contenido=5
- [7]. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP - CODENSA: <http://empresas.micodensa.com/BancoConocimiento/R/retilap/retilap.asp>.
- [8]. Documentación Interna y de Información General de la Compañía DIEBOLD COLOMBIA S.A
- [9]. Catálogo “ Manejo Total de la Iluminación” – compañía Lutron: <http://www.lutron.com/TechnicalDocumentLibrary/367-1737%20LA%20-%20Manejo%20Total%20de%20la%20Iluminacion%20-%20ESPANOL.pdf>
- [10]. Calculo de las emisiones de huella de carbono por kW-Consumido: <http://arboliza.es/compensar-co2/calculo-co2.html>

12.2 Bibliografía Consultada

- [1]. Alumbrado interior de Edificaciones para Entidades Públicas, Ministerio de Minas y Energía – Unidad de Planeación Minero Energética, Disponible en: http://www.upme.gov.co/Docs/Alumbrado_Edificaciones.pdf
- [2]. Programa Nacional del Uso Racional y Eficiente de la Energía PROURE, Ministerio de Minas y Energía, Disponible en: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Grupo%20de%20Participacion%20Ciudadana/ProgramaNacionalDeUsoRacionalyEficienteDeLaEnergiaPROURE.pdf>
- [3]. Resolución Número 18 05 40, del 30 de Marzo de 2010, modificación al Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP - <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosSoporteRevistas/7853.pdf>
- [4]. Estrategias y Acciones Eficientes para Fomentar el Uso Eficiente y Racional de Energía, Departamento Nacional de Planeación, República de Colombia, Disponible en: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Conoce/conpes2801.pdf>
- [5]. Estudio de EIA sobre iluminación: La Eficiencia de las LED Continua Mejorando y disminuye su costo, Disponible en <https://sites.google.com/a/ccee-colombia.org/www/anuncios/estudiodeeiasobreiluminacionlaeficienciadelasledcontinuamejorandoydisminuyesuycosto>

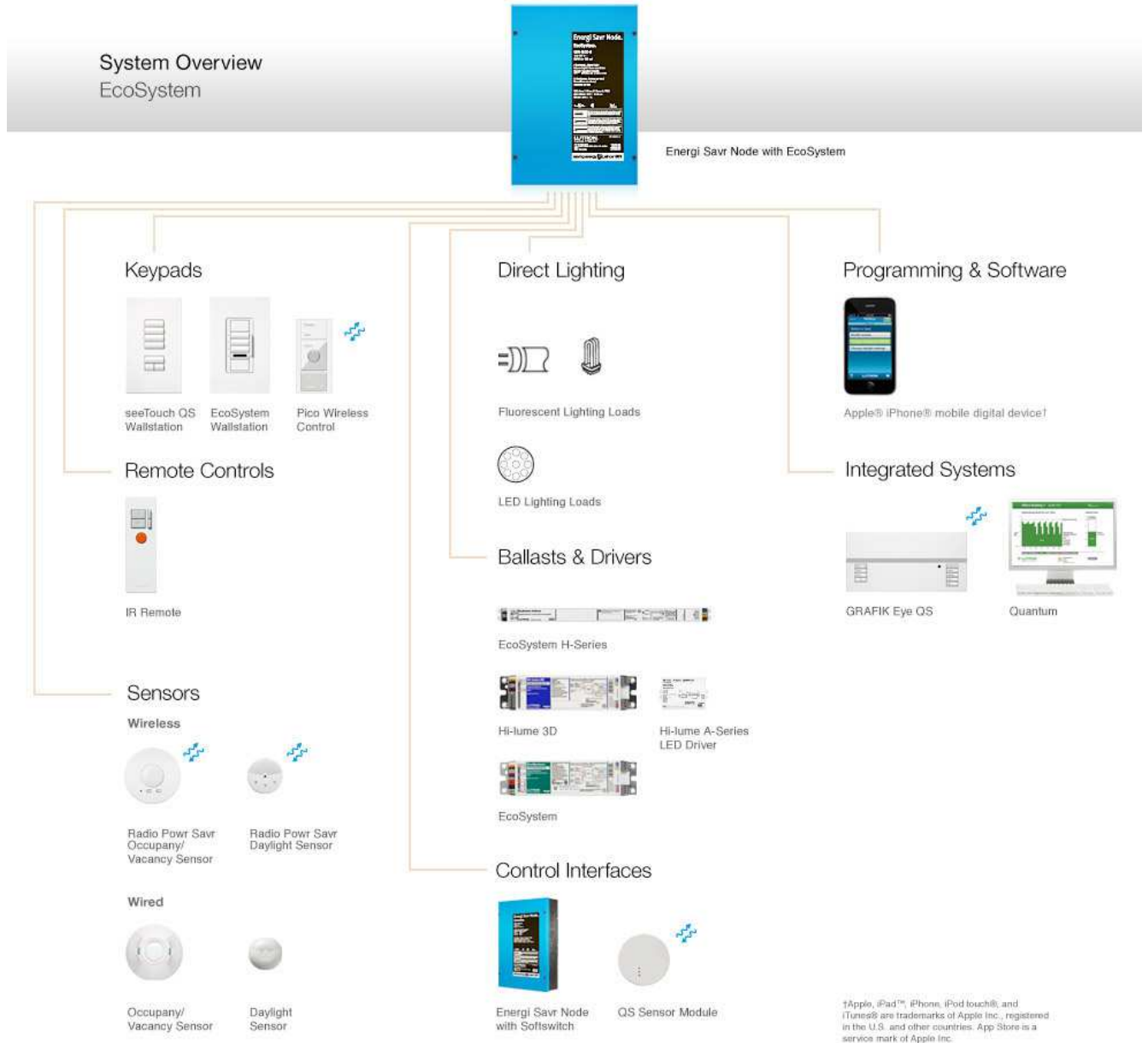
12.3 Bibliografía Complementaria

- [1]. Ahorro de Energía Eléctrica en Edificaciones Públicas, Ministerio de Minas y Energía, República Bolivariana de Venezuela, Disponible en: <http://www.fau.ucv.ve/idec/pdf/guiahorroener.pdf>

13. ANEXO I

Descripción Técnica de la Solución.

A continuación se presenta la descripción técnica de los equipos implementados en la realización del proyecto. La información que se encontrara a continuación pertenece al catálogo de soluciones comerciales de control de iluminación de la compañía LUTRON.



El Sistema de Control de Iluminación propuesto, está basado en un sistema de enlaces de Balasto/driver LED electrónicos dimerizables en un bus de datos donde cada balasto tiene una dirección propia configurable.

Se cuenta con dispositivos - accesorios de control como sensores de ocupación, sensores de luz día, teclados o estaciones de pared para control manual del sistema y tableros de conmutación.

El diseño implementado contempla los siguientes elementos:

BALASTO ELECTRÓNICO ATENUABLE ECOSYSTEM



Balasto electrónico atenuable direccionable digitalmente, para bombillas de 24W, 28W y T8 de 32W y 17W.

El balasto de la serie EC5 viene con enlace de bus digital, permite la conexión directa de dispositivos integrables (sensores de presencia, sensores luz día, receptores IR y estaciones de pared EcoSystem), además de un rango de atenuación del 100% al 10%.

El balasto de la serie H viene con enlace de bus digital y permite un rango de atenuación del 100% al 1%.

MÓDULO DE ATENUACIÓN DE BALASTOS/DRIVERS:



Módulos EcoSystem Energy Saver Node (ESN) para atenuación de balastos digitales o driver de LED, con capacidad de soportar hasta 2 buses de datos de 64 balastos/driver.

Conexión directa de 4 sensores de ocupación, 4 sensores de luz día y 4 teclados de control manual.

MÓDULO CONMUTACIÓN:

Módulos EcoSystem Energy Savr Node (ESN) para conmutación de cuatro circuitos con 16A de cargas de iluminación.

Conexión directa de 4 sensores de ocupación, 4 sensores de luz día y 4 teclados de control manual.



TECLADO DE PARED DE CONTROL GLOBAL



Los teclados de pared son controles centrales que realizan funciones programables del sistema de acuerdo a las necesidades.

En ellos se programan escenas para el control de una zona o de un área y pueden encenderse, apagarse o dimerizarse grupalmente.

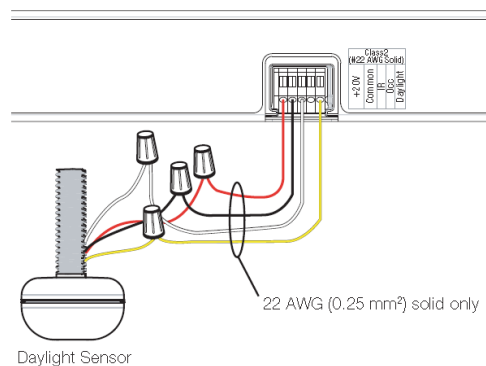
SENSORES DE LUZ DÍA



Los sensores fotoeléctricos EcoSystem detectan la luz del día entrante y comunican el nivel de la luz del sol a los balastos digitales.

Diseñado para ofrecer una respuesta lineal ante los cambios en el nivel de luz observado.

El bajo voltaje Clase 2 permite cableados y montajes simplificados y se conecta directamente al balasto EcoSystem más cercano con conexiones de sensores integrales, a los módulos Energy Savr Node™ o módulo de sensor QS.

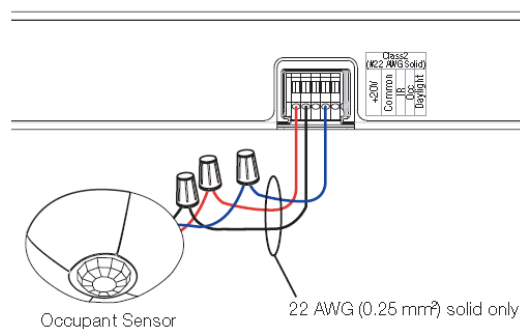
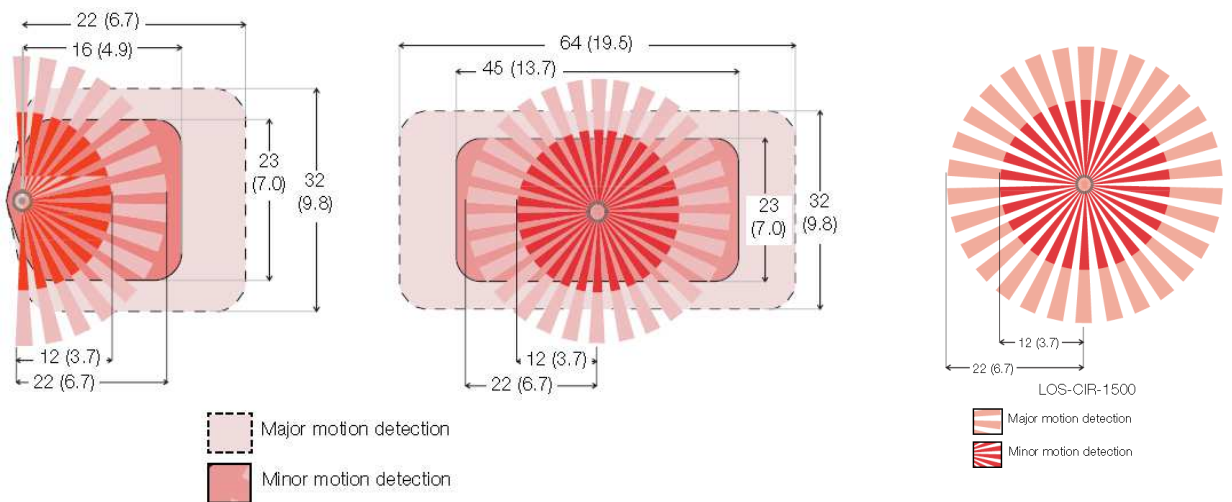


SENSORES DE OCUPACIÓN:

No se requiere un power pack de energía debido a que la energía del sensor proviene directamente del balasto EcoSystem con una conexión de sensor integral, o de un módulo Energy Savr Node o del módulo de sensor QS.



- Modelo con tecnología PIR (pasiva infrarroja), de montaje en techo, con cobertura de, 1500ft²/360°.
- Modelo con Dual (pasiva infrarroja y ultrasonido), de montaje en techo, con cobertura de, 500ft²/180°, 2000ft²/360°.



SWITCH CON SENSOR INTEGRADO

Los interruptores con sensor integrado de presencia/vacancia, combinan la elegancia y la sofisticación tecnológica de los controles Maestro con los ahorros de energía y el rendimiento superior de un sensor de presencia/vacancia que funciona con la exclusiva tecnología XCT™ de Lutron.



14. ANEXO II

Simulaciones de Iluminación

A continuación se presenta las simulaciones realizadas de las áreas de estudio, por medio de la herramienta de simulación en iluminación ReluxPro.

Objeto :
Instalación :
Nº del proyecto : Eficiencia Iluminacion
Fecha : 26.09.2014

1 Datos de luminarias

1.1 COOPER LIGHTING - METALUX, METALUX ACCORD LED 2X2... (22AC-LD3-34-UNV...)

1.1.1 Hoja de datos

Fabricante: COOPER LIGHTING - METALUX

22AC-LD3-34-UNV-L840-CD1-U

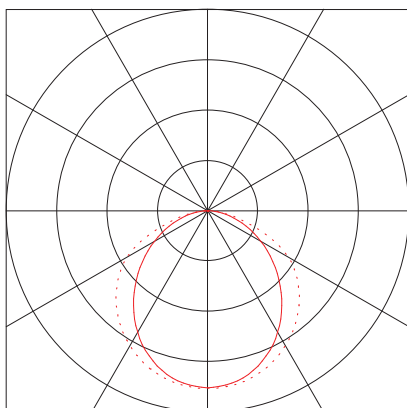
METALUX ACCORD LED 2X2 FIXTURE

Datos de luminarias

Fotometría absoluta
Rendimiento luminoso de las luminarias : 3612 lm/W
clasificación : A40 ↓100.0% ↑0.0%
CIE Flux Codes : 47 79 96 100 100
UGR 4H 8H (20%, 50%, 70%)
C0 / C90 : 19.6 / 21.2
Fondos de explotación :
tot. Rendimiento del sist. : 39 W
Longitud : 591 mm
Anchura : 591 mm
Altura : 1 mm

Equipamiento con

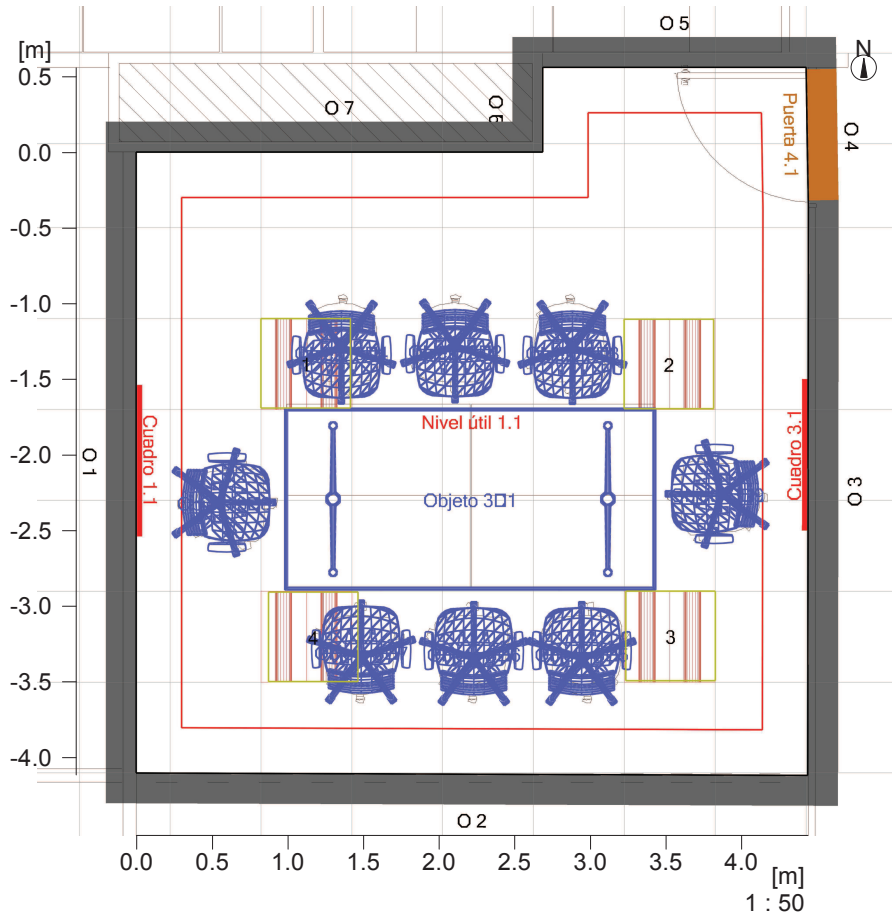
Cantidad : 1
Denominación : 4000K LEDS
Color :
Flujo luminoso : 3612 lm



2 Espacio 1

2.1 Descripción Espacio 1

2.1.1 Proyección horizontal (planta)



Pared	x	y	Longitud	Grado de reflexión
1	108.41 m	18.14 m	4.10 m	50.0 %
2	112.85 m	18.13 m	4.43 m	50.0 %
3	112.85 m	21.88 m	3.75 m	50.0 %
4	112.84 m	22.80 m	0.93 m	50.0 %
5	111.10 m	22.80 m	1.74 m	50.0 %
6	111.10 m	22.24 m	0.56 m	50.0 %
7	108.41 m	22.24 m	2.68 m	50.0 %
Suelo				20.0 %
Techo				80.0 %
Altura del espacio		2.50 m		
Altura del nivel útil		0.75 m		

2.1 Descripción Espacio 1

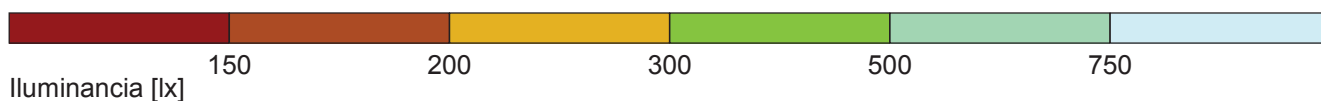
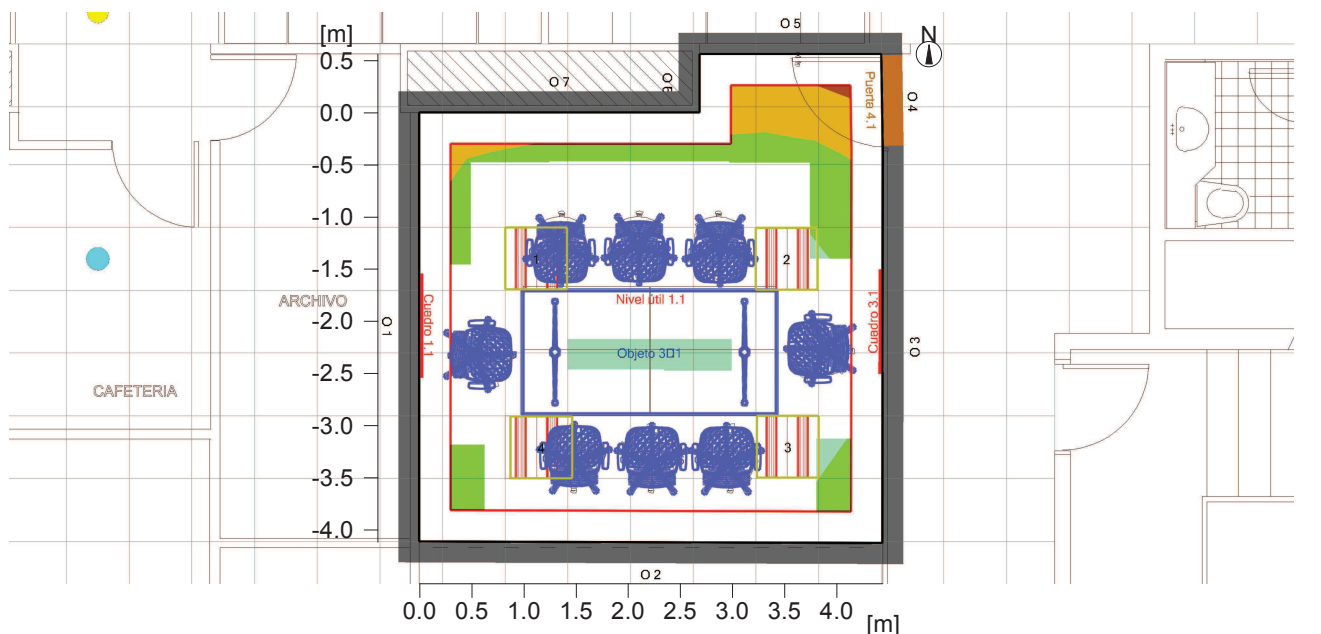
2.1.2 Representación-3D, Vista 1



2 Espacio 1

2.2 Resumen, Espacio 1

2.2.1 Síntesis de los resultados, Área de evaluación 1



General

Algoritmia de cálculo utilizada	Porción indirecta media
Altura del nivel de luminarias	2.50 m
Factor de mantenimiento	0.80
Flujo luminoso total de todas las lámparas	14448 lm
Rendimiento global	156.0 W
Rendim. total por superficie (19.20 m ²)	8.13 W/m ² (2.22 W/m ² /100lx)

Área de evaluación 1 Nivel útil 1.1

Em	horizontal
Em	366 lx
Emin	238 lx
Emin/Em (Uo)	0.65
Emin/Emax (Ud)	0.49
UGR (3.4H 3.6H)	<=20.3
Posición	0.75 m

Tipo Cant. Producto

1	4	COOPER LIGHTING - METALUX	
		N° de artículo	: 22AC-LD3-34-UNV-L840-CD1-U
		Nombre de la lum.:	: METALUX ACCORD LED 2X2 FIXTURE
		Equipamiento	: 1 x 4000K LEDS / 3612 lm

2 Espacio 1

2.3 Resultados del cálculo, Espacio 1

2.3.1 Luminancia-3D, Vista 1



Luminancia en el escenario
Mínimo : 0 cd/m²
Máximo : 147 cd/m²

2.3 Resultados del cálculo, Espacio 1

2.3.2 Luminancia-3D, Vista desde detrás



Luminancia en el escenario

Mínimo : 0 cd/m²
Máximo : 147 cd/m²

1 Datos de luminarias

1.1 HAVELLSSYLVANIA, Syl-Lighter 195 LED 15W NW (I3031603)

1.1.1 Hoja de datos

Fabricante: HAVELLSSYLVANIA

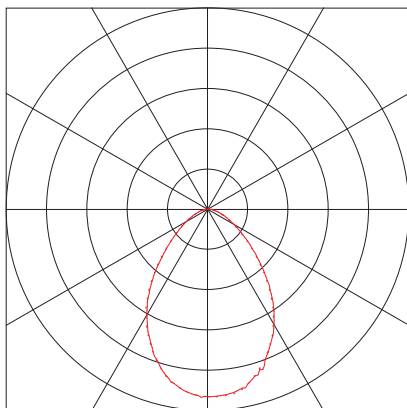
I3031603 Syl-Lighter 195 LED 15W NW

Datos de luminarias

Grado de eficiencia : 79.1%
Rendimiento luminoso de las luminarias : 56.28 lm/W
clasificación : A50 ↓100.0% ↑0.0%
CIE Flux Codes : 65 90 98 100 79
UGR 4H 8H (20%, 50%, 70%)
C0 / C90 : 21.7 / 20.6
Fondos de explotación :
tot. Rendimiento del sist. : 20 W
Diámetro : 195 mm
Altura : 52 mm

Equipamiento con

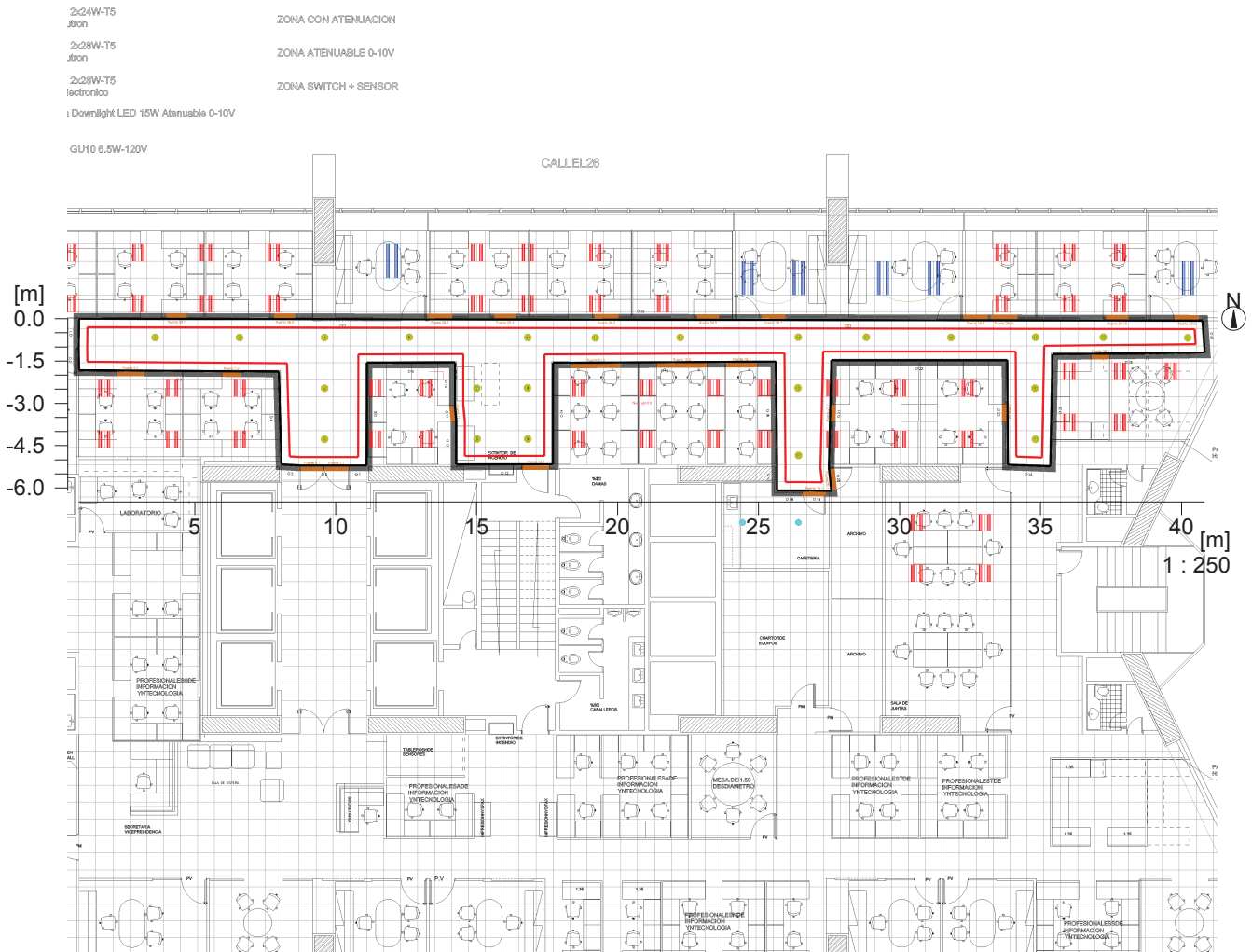
Cantidad : 1
Denominación : Syl-Lighter 195
LED 15W WW
Color : 4000
Flujo luminoso : 1423 lm
Reproducción cromática : 85



2 Espacio 1

2.1 Descripción Espacio 1

2.1.1 Proyección horizontal (planta)



2 Espacio 1

2.1 Descripción Espacio 1

2.1.1 Proyección horizontal (planta)

Pared	x	y	Longitud	Grado de reflexión
1	79.82 m	26.99 m	1.07 m	50.0 %
2	79.84 m	26.24 m	0.76 m	50.0 %
3	86.92 m	26.19 m	7.08 m	50.0 %
4	87.01 m	22.90 m	3.29 m	50.0 %
5	87.68 m	22.86 m	0.67 m	50.0 %
6	89.40 m	22.86 m	1.73 m	50.0 %
7	90.03 m	22.86 m	0.63 m	50.0 %
8	90.04 m	26.50 m	3.64 m	50.0 %
9	93.16 m	26.51 m	3.12 m	50.0 %
10	93.16 m	24.99 m	1.52 m	50.0 %
11	93.21 m	24.42 m	0.58 m	50.0 %
12	93.21 m	22.90 m	1.52 m	50.0 %
13	96.64 m	22.91 m	3.43 m	50.0 %
14	96.64 m	26.50 m	3.59 m	50.0 %
15	104.54 m	26.54 m	7.91 m	50.0 %
16	104.58 m	22.90 m	3.64 m	50.0 %
17	104.58 m	21.98 m	0.92 m	50.0 %
18	105.47 m	21.98 m	0.89 m	50.0 %
19	106.51 m	21.96 m	1.04 m	50.0 %
20	106.42 m	22.79 m	0.83 m	50.0 %
21	106.51 m	26.60 m	3.80 m	50.0 %
22	112.74 m	26.60 m	6.23 m	50.0 %
23	112.76 m	22.89 m	3.71 m	50.0 %
24	114.26 m	22.83 m	1.50 m	50.0 %
25	114.34 m	26.80 m	3.97 m	50.0 %
26	119.74 m	26.86 m	5.40 m	50.0 %
27	119.66 m	27.99 m	1.13 m	50.0 %
28	79.84 m	28.06 m	39.82 m	50.0 %
Suelo				20.0 %
Techo				80.0 %
Altura del espacio		2.40 m		
Altura del nivel útil		0.75 m		

2.1 Descripción Espacio 1

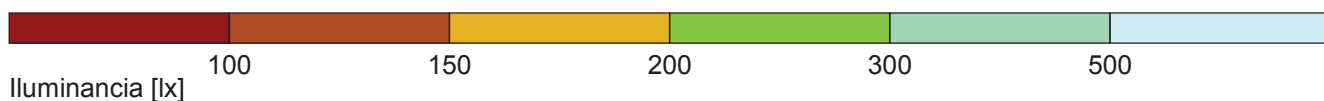
2.1.2 Representación-3D, Vista 1



2 Espacio 1

2.2 Resumen, Espacio 1

2.2.1 Síntesis de los resultados, Área de evaluación 1



General

Algoritmia de cálculo utilizada	Porción indirecta media
Altura del nivel de luminarias	1.90 m
Factor de mantenimiento	0.80
Flujo luminoso total de todas las lámparas	32729 lm
Rendimiento global	460.0 W
Rendim. total por superficie (98.14 m²)	4.69 W/m² (2.41 W/m²/100lx)

Área de evaluación 1 Nivel útil 1.1

horizontal	
Em	195 lx
Emin	12 lx
Emin/Em (Uo)	0.06
Emin/Emax (Ud)	0.03
Posición	0.75 m

Tipo Cant. Producto

1	23	HAVELLSSYLVANIA
		N° de artículo : I3031603
		Nombre de la lum. : Syl-Lighter 195 LED 15W NW
		Equipamiento : 1 x Syl-Lighter 195 LED 15W WW / 1423 lm