UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



OPTIMIZACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS

En instalaciones Institucionales Colombianas bajo proceso de acreditación LEED®

Basado en normatividad nacional e internacional.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD TECNOLÓGICA
INGENIERÍA ELÉCTRICA
POR CICLOS PROPEDÉUTICOS



OPTIMIZACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS

En instalaciones Institucionales Colombianas bajo proceso de acreditación LEED

Basado en normatividad nacional e internacional.

Este documento se desarrolló con el fin de promulgar la investigación realizada al proceso de optimización energética en instalaciones institucionales colombianas bajo proceso de acreditación LEED®, por lo tanto, se dirige exclusivamente al personal técnico, tecnólogo y profesional que sea afin al área de Energía, así como personal con cierto conocimiento en electrotecnia implicado en el proceso de construcción.

Optimización de proyectos energéticos en instalaciones institucionales colombianas bajo proceso de acreditación LEED®

Investigación y edición: Ing. Dora Marcela Martinez Camargo
Ing. José Luis García Piraján
Ing. Jeison Enrique Marcella Atuesta

Diseño y maquetación: Angélica Molina Laverde

Universidad distrital Francisco José de Caldas

Facultad Tecnológica

Programa de Ingeniería Eléctrica por ciclos propedéuticos

Bogotá D.C, 2019

LEED® es una marca registrada. Se permite reproducir, almacenar en sistemas de recuperación de la información y transmitir parte de esta publicación sólo con fines académicos y no comerciales, respetando los derechos reservados del USGBC.

Incluye referencias bibliográficas:

1. LEED® V4 USGBC U.S GREEN BUILDING COUNCIL
2. Ministerio de Minas y Energía- RETIE 2015.
3. Ministerio de Minas y Energía - RETILAP
4. Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. CCCS

CONTENIDO

Introducción **5**

1. Definiciones y abreviaturas. **8**

2. Factores de consumo **12**

3. Mecanismos técnicos y tecnológicos **16**

3.1. Instalaciones eléctricas 17

3.2. Optimización de Gastos Energéticos 19

3.3. Gestión de la demanda 21

4. Metodología **24**

4.1. Política energética 25

4.2. Planificacion energética 26

5. Caso práctico **36**

5.1. Información de entrada para la planificación 37

5.2. Auditoria energética 38

6. Anexo tablas para usuarios y constructores **46**

Bibliografía **48**





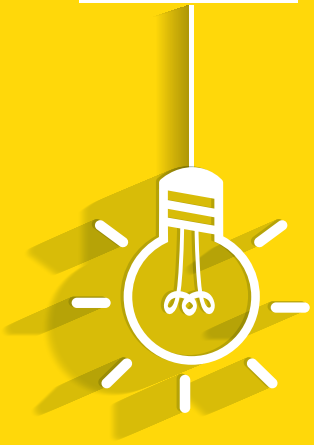
EDIFICIO BANCOLOMBIA LEED
MEDELLIN

INTRODUCCIÓN

Hacia el año 2050 alrededor del 70% de la población mundial y sus conglomerados se concentraran en las ciudades, eso significa 6300 millones de seres humanos que demandaran recursos básicos y un sistema de generación de energía eléctrica sostenible (ENERLIS - ERNST & YOUNG - FERROVIAL AND MADRID NETWORK, 2012), ante esta realidad el presente proyecto nace de la experiencia de los autores en el sector eléctrico colombiano y el actual desarrollo de proyectos de infraestructura ecológicos que deben adaptarse y especificarse bajo criterios de sistemas de evaluación extranjeros diferentes a las condiciones presentadas en el territorio nacional.

Debido al poco avance de la regulación Colombiana la entrada en rigor de las energías renovables no ha tenido aun el desarrollo con respecto a otras naciones en las cuales ya existen proyectos significativos de Smart cities y la construcción de edificaciones verdes. Este vacío regulatorio hace necesario proponer metodologías para optimización energética a través de este proyecto y que estén encaminadas a ser pie de apoyo a constructores, instaladores y a la comunidad interesada. No pretende reemplazar normativas nacionales pero por su aspecto multidisciplinar existe la posibilidad de ampliar los niveles de optimización de acuerdo a otras áreas de la ingeniería presentes en la construcción de edificaciones.

1 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS



Para abordar esta cartilla es importante conocer las siguientes abreviaturas y definiciones, recordando que se estipulan bajo el ámbito LEED®.

• Edificio Ecológico

El término edificio ecológico abarca la planificación, el diseño, la construcción, las operaciones y en última instancia el reciclado y renovación de las estructuras al final de la vida útil. La construcción ecológica busca soluciones que representen un equilibrio dinámico y saludable entre los beneficios ambientales, sociales y económicos. (USGBC). En la figura 1 se observa la fundación de la bahía de Chesapeake un claro ejemplo de edificio ecológico institucional.



Figura 1. La Fundación de la Bahía de Chesapeake una organización de educación, (USGBC)

• Eficiencia energética:

Es utilizar menos energía para completar la misma cantidad de trabajo. Obtener la mayor cantidad de trabajo por cada unidad de energía se describe a menudo como una medida de intensidad energética. (USGBC, 2014). En la figura 2 se observa la escala de clasificación energética.



Figura 2. Escala de clasificación energética.

• Instalaciones Institucionales:

Dentro del marco de aplicación LEED® se establece la clasificación que se observa en la figura 2 para edificaciones institucionales (USGBC, 2014)

INSTALACIONES COMUNITARIAS Y CÍVICAS	Centros cívicos o de mayores (con licencia)
	Guarderías (con licencia)
	Centros de ocio o comunitarios
	Instalaciones artístico-culturales (museos, centros de arte)
	Instalaciones educativas (ej: colegios K-12, universidades, centros de educación de adultos, seminarios, colegios comunitarios)
	Oficinas del gobierno con servicio público in situ
	Clínicas, ambulatorios, consultorios médicos
	Lugares de culto
	Comisarias o parques de bomberos
	Oficina de correos
	Biblioteca pública
	Aparcamiento público
	Centros de servicios sociales

Figura 3. Instalaciones Institucionales parametrizadas LEED® V4 (USGBC, 2014)

• FNCER:

Fuentes no convencionales de energía renovable.

• Intensidad del uso de la energía:

Consumo de energía dividido entre la cantidad de pies/metros cuadrados en un edificio, expresado a menudo como unidad térmica británica (BTU) por pie/metro cuadrado o kilovatios/hora de electricidad por pie/metro cuadrado por año (kWh/sf/año) (USGBC, 2014).



Figura 4. Analizador de Red para SGE.

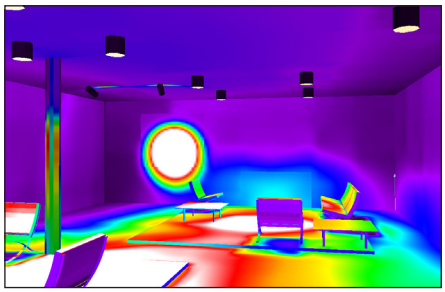


Figura 5. Diagrama de colores falsos Iluminancias.

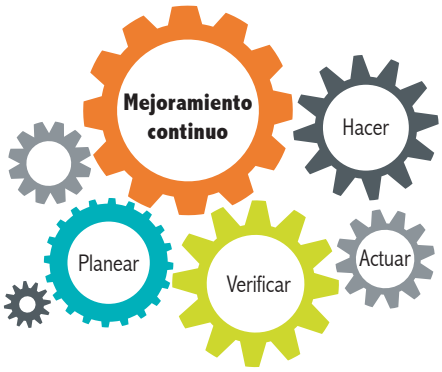


Figura 6. Modelo sistema de Gestión de energía basado en PVHA.

• Medidas del uso de la energía:

Medidas habituales primarias del consumo de energía, asociadas a los edificios, incluyen kilovatios/hora de electricidad, termias de gas natural y galones de combustible líquido. (USGBC, 2014). En la figura 4 se observa un analizador de red que hace parte de un sistema de gestión de energía.

• MGIE " Modelo de Gestión Integral de la energía":

Es un conjunto de procedimientos y actividades, que están conceptuados para que se integren al modelo de gestión organizacional de la empresa, y que sirven de guía para la implementación y operación del Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE). (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2008)

• Objetivo LEED®:

Meta principal de cada requisito o crédito. (USGBC, 2014)

• Pie-candela:

Medida de la cantidad de iluminación que cae sobre una superficie. Un pie-candela es igual a un lumen por pie cuadrado. Minimizar la cantidad de pie-candela en la iluminación del sitio ayuda a reducir la contaminación lumínica y a proteger los cielos oscuros y a los animales nocturnos. (debe adaptarse la unidad al sistema del RETILAP para el reglamento Colombiano esta definición se adapta al termino de Iluminancia) (USGBC, 2014). En la figura 5 se observa distribución de iluminacias sobre un local.

•Prerrequisito de LEED®:

Componente requerido por el Sistema de Clasificación de Edificios Ecológicos LEED® cuya obtención es obligatoria y no otorga ningún punto (USGBC, 2014).

• Sistemas de HVAC:

Equipos, sistemas de distribución y terminales que proporcionan procesos de calefacción, ventilación o aire acondicionado. (ASHRAE estándar 90.1–2007) (USGBC, 2014).

• Sistema de gestión de energía SGE:

Sistema de control capaz de monitorear las cargas ambientales y de sistemas, y de ajustar adecuadamente las operaciones de HVAC para conservar energía a la vez que mantiene el confort de los ocupantes (EPA, Agencia de Protección Ambiental) (USGBC, 2014). En la figura 6 se observa el mecanismo de un sistema de gestión de energía.

LEED

LEADERSHIP IN ENERGY & ENVIRONMENTAL DESIGN

1993 — Desarrollado por: US GREEN BUILDING COUNCIL

Es el sistema de **certificación** más utilizado en el mundo para el diseño, construcción, mantenimiento y operación de construcciones sostenibles.

Se compone de un conjunto de normas sobre la utilización de estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo, basandose en la incorporación de aspectos relacionados con:

- Eficiencia energética
- Mejora de la calidad ambiental interior
- Desarrollo sostenible de los espacios
- Uso de energías alternativas
- Eficiencia del consumo de agua
- Selección de materiales.

TIPOS DE CERTIFICACIÓN

- **LEED NC** (Nuevas Construcciones)
- **LEED EB** (para Edificios Existentes)
- **LEED for Homes** (para Viviendas)
- **LEED ND** (para Desarrollo de Barrios)
- **LEED SC** (instituciones educacionales)

DATO EXTRA

FUNCIONAMIENTO DE LEED

Se utiliza un sistema de puntuación en el cual las edificaciones obtienen **puntos LEED** por satisfacer criterios específicos de construcción sostenible. El número de puntos obtenidos determina el nivel de certificación que el proyecto recibirá.

La Certificación está disponible en cuatro niveles progresivos:

LEED CERTIFIED	LEED SILVER	LEED GOLD	LEED PLATINUM
40 - 49 PTS	50 - 59 PTS	60 - 79 PTS	80 + PTS

CRÉDITOS DE CERTIFICACIÓN

1. Ubicación y Transporte (16 pts)
2. Sitios sostenibles (10 pts)
3. Uso Eficiente del Agua (10 pts)
4. Energía y Atmósfera (35 pts)
5. Materiales y Recursos (14 pts)
6. Calidad Ambiental Interior (15 pts)
7. Innovación en el diseño (6 pts)
8. Prioridad Regional (4 pts)

Total: 100 puntos básicos; 6 posibles en Innovación en el Diseño y 4 puntos en Prioridad Regional.

LEED EN AMÉRICA LATINA

Líderes en certificación LEED:

1. Brasil
2. México
3. Chile
4. Colombia
5. Argentina

En conjunto, estos países representan más de 62.000.000 de m² totales en proyectos LEED.



COLOMBIA

151 - Certificados

223 - En proceso

Datos al 31 de diciembre de 2018*



PROFESIONALES LEED EN COLOMBIA

La credencial LEED acredita a los profesionales líderes de la industria de la construcción sostenible.

LEED Green Associate

Acredita al profesional con una comprensión documentada y actualizada de los principios y prácticas de construcción sostenible más actuales.

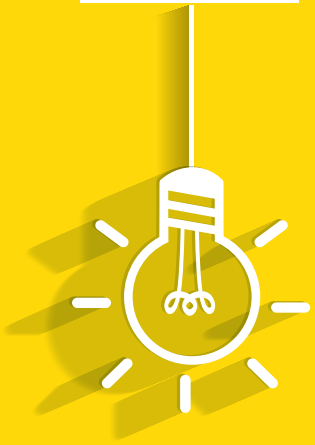
LEED AP

Un profesional acreditado LEED AP tiene una comprensión avanzada y experticia en construcción sostenible en una de las siguientes especialidades:

- Building Design & Construction
- Operation & Maintenance
- Interior Design & Construction
- Neighborhood Development
- Homes

Tomado de: Concejo Colombiano de construcción sostenible / www.cccs.org.co
acr Latinoamerica / www.acrlatinoamerica.com

2 FACTORES DE CONSUMO



FACTORES DE CONSUMO ENERGÉTICO EN INSTALACIONES INSTITUCIONALES COLOMBIANAS.

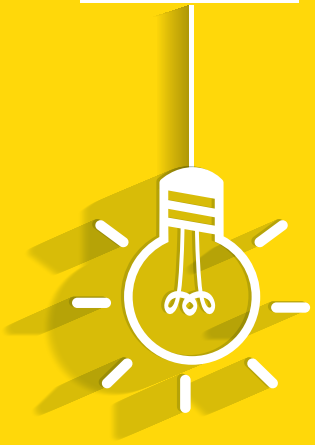
A nivel internacional el tema de eficiencia energética y optimización de proyectos ha estado enmarcado bajo el proceso de desarrollo de tecnologías de generación distribuida y procesos de intensificación de automatización de los sistemas eléctricos. La ley 697 de 2001 en Colombia define el uso racional y eficiente de la energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional. Como parte del desarrollo de esta ley, el Ministerio de Minas y Energía, mediante resolución No. 180919 de 2010, adopto el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y fuentes no convencionales (FNCE) - PROURE, el cual incluye estrategias transversales y sectoriales. En ese marco, y como aporte al desarrollo económico de las regiones y al mejoramiento de la calidad de vida de la población. La UPME en conjunto con instituciones universitarias ha venido impulsando estratégicamente el diseño de programas regionales de eficiencia energética.

Antes de comenzar a estructurar metodologías y medios tecnológicos para la optimización de aspectos energéticos, debe establecerse algunos factores que inciden directamente en el consumo de energía de cualquier edificación como se observa en la tabla 1. Los factores de incidencia son los actores fundamentales de la instalación como son el personal, la estructura habitacional, lo equipos para su funcionamiento y los factores externos que puedan afectar la instalación.

FACTOR DE INCIDENCIA	DESCRIPCIÓN
Personas	Los Hábitos comunes y la transformación del pensamiento corresponde en un factor relevante en la filosofía usual de consumo, las personas deben ser educadas en aspectos URE y más allá de la implementación de sistemas de gestión las personas son parte fundamental en cualquier iniciativa de cambio de consumos energéticos.
Edificación	En general una instalación es resultado de los siguientes aspectos: • Diseño Arquitectónico • Aislamiento Térmico (Influye en la eficiencia de la energía) • Regulación de la instalación eléctrica. • Cumplimiento mínimo de normativas RETIE – RETILAP • Distribución de espacios. • Iluminación.
Equipos	• Mantenimiento de los equipos de la instalación. • Eficiencia energética • Clasificación energética • Uso y características
Factores externos	Los factores externos se deben a características de ubicación y aprovechamiento del espacio en el cual se encuentra ubicada la instalación

Tabla 1. Factores de incidencia. (Autoria Propia, 2018)

3 MECANISMOS TÉCNICOS Y TECNOLÓGICOS



MECANISMOS TÉCNICOS Y TÉCNOLÓGICOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.

MEDIOS TÉCNICOS

3.1. Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas en malas condiciones afectan la productividad de las instituciones y generan riesgo para el personal de la misma. Las pérdidas eléctricas en las instalaciones constituyen un desperdicio importante de energía y por lo tanto se deben ejecutar acciones para su control por medio de medidas tales como la selección de transformadores y componentes con base a un criterio de eficiencia, manejo de la energía reactiva que conducen a un sistema eficiente y confiable de distribución de electricidad.

Actualmente en el país existe el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas-RETIE, cuyo objetivo legítimo es "Establecer las medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas, de la vida tanto animal como vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico y sin perjuicio del cumplimiento de las reglamentaciones civiles, mecánicas y de fabricación de equipos" (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2015).

Aunque el reglamente no presente alternativas ni requisitos de mejoras de consumo energético si garantiza la adecuada instalación, puesta en marcha y servicio de las instalaciones eléctricas. En la tabla 2 se presentan las adecuaciones recomendadas inicialmente para adecuación de estas instalaciones eléctricas bajo los parámetros normativos RETIE.

ADECUACIÓN	BANCOS DE CONDENSADORES
Descripción	Aptos para subestaciones de baja tensión y media tensión, se utiliza para compensación reactiva o corrección del factor de potencia.
Reducción de Consumo	Se estiman ahorros por control de energía reactiva entre el 3 y 7%
Costo	Costo promedio entre kVAR es de $60.000 MLC.
ADECUACIÓN	**SPT**
Descripción	Toda Instalación bajo los parámetros RETIE debe disponer de un sistema de puesta a tierra SPT, cuyos objetivos son protección a las personas a las instalaciones y compatibilidad electromagnética del sistema.
Reducción de Consumo	Protección ante fallas.
Costo	Costo mínimo varilla de Cooperweld $60.000 pesos MLC.
ADECUACIÓN	**SISTEMAS DE PROTECCIONES**
Descripción	Sistema de protección tiene por fin detección, localización y desconexión de equipos antes fallas. Un sistema de protección garantiza selectividad – estabilidad y confiabilidad
Reducción de Consumo	Protección ante fallas
Costo	Costo mínimo varilla de Cooperweld $60.000 pesos MLC
ADECUACIÓN	**ILUMINACIÓN**
Descripción	Actualmente la oferta comercial de lámparas y luminarias en el país hace posible la inclusión de tecnologías eficientes como la tecnología LED, al diseñar un sistema de iluminación se debe garantizar como mínimo los niveles de diseño considerados en el RETILAP ya que esto Garantiza de forma directa un aumento de la eficiencia energética.

Reducción de Consumo	Actualmente se recomienda según varios estudio mínimo el uso de tecnología Fluorescente compacta o el uso masivo de tecnología LED que en iluminación interior presenta mejores ventajas como: • Vida útil • Potencias • Irc • Eficacía • Precio
Costo	Analizar Varias Marcas en el mercado

Tabla 2. Adecuaciones recomendadas (Autoria Propia, 2018)

Para una correcta gestión energética de las instalaciones institucionales, es necesario conocer los aspectos que determinan cuáles son los elementos más importantes a la hora de lograr la optimización energética, lo que permitirá un mejor aprovechamiento de los recursos y un ahorro tanto en el consumo como en el dimensionamiento de las instalaciones.

Después de tener en cuenta las adecuaciones iniciales como norma general se debe conocer la aplicación del consumo de la edificación, generalmente los consumos en instalaciones institucionales tienen participaciones características como se observa en la figura 7. (Turner), donde aproximadamente un 50 % de la instalación tiene aportes significativos del sistema de iluminación y equipos de climatización (cuando aplique).

Aunque la torta puede llegar a inferir entre las instalaciones la idea de cuál sistema optimizar inicialmente indica que el sistema de iluminación debe ser relevante gracias a los avances actuales en esta tecnología, seguido de los sistemas de climatización que pueden tener una mayor repercusión en las áreas de clima cálido existentes en el territorio nacional.

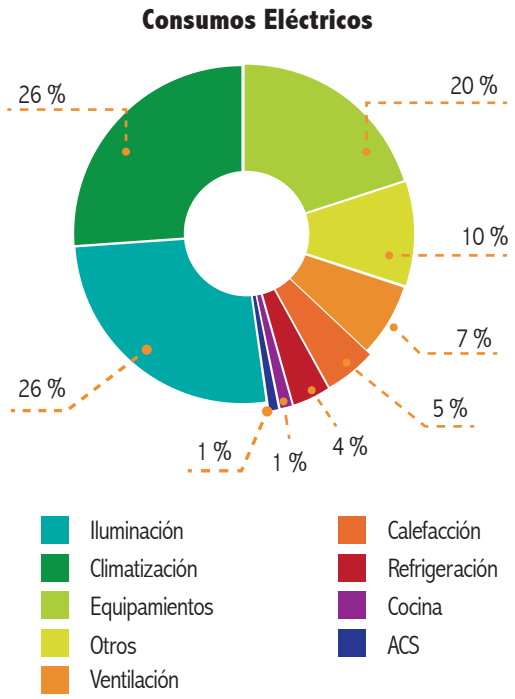


Figura 7. Gastos de energía para instalaciones institucionales. Tomado de: (CIRCUTOR, 2008)

3.2. Optimización de Gastos Energéticos

Se han de contemplar dos aspectos fundamentales que permiten optimizar el gasto en energía y, por lo tanto, maximizar el beneficio:

- Optimización tarifaria.
- Optimización de las instalaciones.

3.2.1. Optimización Tarifaria

Para conseguir una adecuada optimización en las tarifas en la factura eléctrica, se han de identificar los conceptos en los cuales se pueden obtener mayores ahorros, en el caso de la energía eléctrica, como se observa en la figura 8 se tiene un recorte característico a una factura de energía de determinando organización.

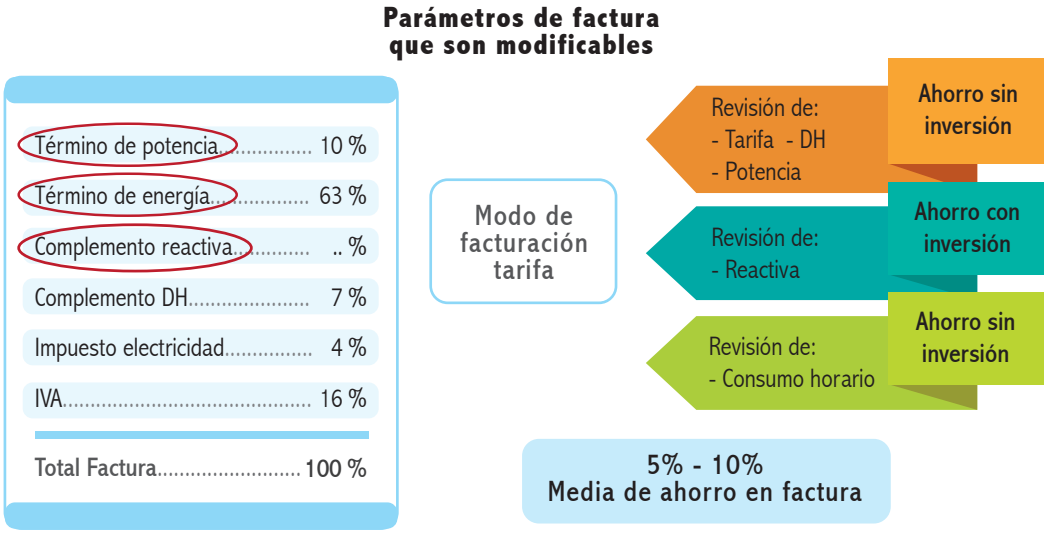


Figura 8. Reducción de consumos a través de la selección de indicadores tarifarios

Los indicadores que se encierran con las líneas rojas punteadas corresponden a los términos que pueden optimizarse directamente en el sitio de instalación según la medida tarifaria. El termino de potencia en algunos casos puede llegar a una disminución de la potencia instalada de hasta el 10 % donde se incluyen todos los gasto de energía presentes en la figura 7. El termino de energía es un tema un poco más dinámico ya que como se verá más adelante se puede analizar los picos de consumo de energía y establecer unas metas más adecuadas de utilización de la instalación, según los datos actuales se puede llegar hasta una reducción del 63% de la energía basado en los criterios tarifarios. Finalmente el indicador de complemento reactiva cuya solución es implementar bancos de condensadores en los casos que se requiera puede generar en algunos casos reducciones de consumo, aunque este indicador no es igual de presente en instalaciones institucionales como lo es en industrias.

3.2.2. Optimización de instalaciones

Inicialmente se recomienda realizar un estudio de consumo para determinar la aplicación más relevante en la instalación, Aunque el consumo energético de una instalación institucional no supone el gasto principal del mismo, la refrigeración (climas cálidos) y climatización, así como la constante iluminación, son piezas fundamentales en la rentabilidad de la eficiencia energética. En la tabla 3 se detallan las estrategias fundamentadas en el proceso de optimización de instalaciones.

Sistema o equipo	Posibles mejoras	Ahorro estimado %	Consecuencias
Motores eléctricos	Disminución de la potencia de arranque, utilización de tecnologías de arranque de motores que utilicen curva de arranque controlado por RAMPA.	15	Optimización de la energía, reduciendo en algunas unidades el costo de la factura.
Bombas agua climatización	Optimización del consumo eléctrico, según la diferencia de temperatura ida y retorno.	15	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste de la factura eléctrica.
Climatización (bombas de calor)	Aumento del rendimiento de la máquina y recuperación de calor para ACS.	40	Reducción en el consumo eléctrico y producción de ACS para consumo.
Motores general	Motores de alto rendimiento. Bajas Potencias de consumo.	20	Disminución del consumo eléctrico.
Compresores de aire	Utilización del calor sobrante de la refrigeración de los compresores.	30	Reducción del consumo eléctrico/gas para la climatización. Reducción del coste en la factura eléctrica.
Iluminación zonas auxiliares edificación	Pasillos, lavabos, sótanos, etc. Reducción del tiempo de uso. Incorporando temporizadores / Detectores de presencia.	60	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura.
Luminarias interiores	Reducción del consumo eléctrico. Reducción de la potencia). Cambio a tecnología LED con eficacias superiores a los 100 lm/ W.	80	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura.
Iluminación exterior	Optimización del consumo. Lámparas compactas de bajo consumo o LED. Cambio de lámparas de vapor de sodio de Alta presión.	40	Reducción del consumo eléctrico.Reducción del coste en la factura.
Sistema de control de climatización	Control de máximo y mínimo de temperatura demandada en Cada estancia. Implantando sistemas de control que monitoricen parámetros y actúen sobre el sistema.	25	Disminución de consumo eléctrico y de gas natural.
Incorporación de un sistema de generaciòn distribuida a pequeña escala de una FNCER	Adecuación de la instalación para la inserción de una FCNER que alimente sistemas críticos en la instalación eléctrica: por ejemplo alimentación del sistema de iluminación y comunicaciones de la edificación. Se debe considerar que tipo de tecnología se adecua la espacio en estudio.	60	Disminución de Consumo eléctrico de energía comercial y gas natural.

Tabla 3. Optimización en instalaciones (Autoria Propia, 2018)

3.2.3. Optimización del uso de la energía en edificios a través de la interfaz ENERGYPLUS

Hoy en día gracias al fácil acceso de tecnologías digitales es posible disponer de simulaciones detalladas durante el proceso de diseño en edificaciones verdes. ENERGYPLUS representa esa aplicación en la cual se puede optimizar los indicadores energéticos del edificio, de acuerdo a la investigación realizada por VELEZ – ZANGARI (SAMA, 2014) independiente de la sistematización y la metodología las simulaciones continuas y de manera iterativa durante las fases de diseño optimizan la eficiencia energética y el confort. El flujo de trabajo especificado se observa en la figura 9.

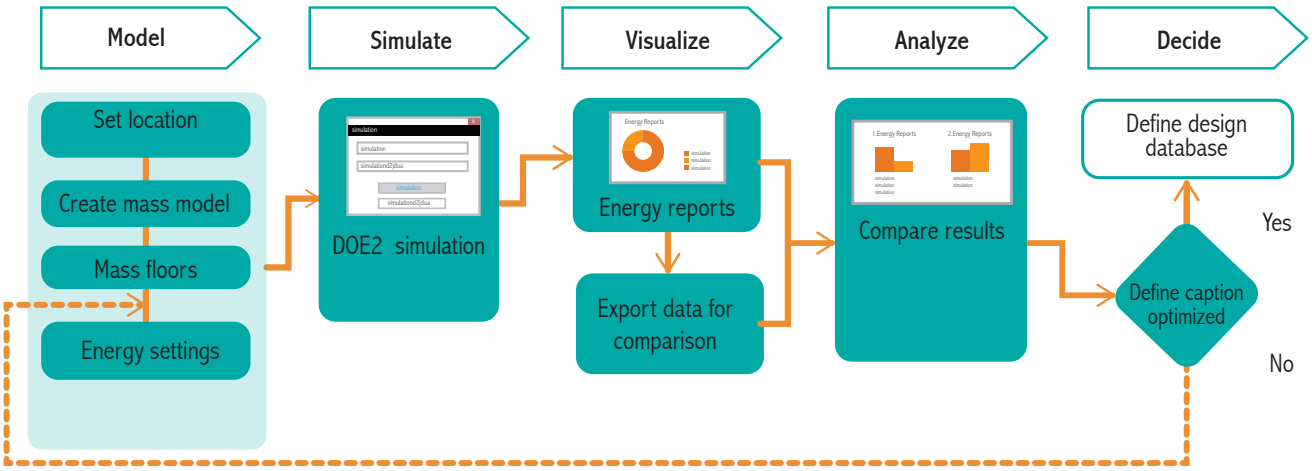


Figura 9. Flujo de trabajo para la optimización del desempeño energético en edificios tomado de: (SAMA, 2014).

Como su naturaleza lo indica el funcionamiento de ENERGYPLUS se basa en la interacción de componentes donde *"una de sus principales características es su estructura modular, mostrada en la Figura 9, la cual está diseñada para que sea fácil agregar módulos independientes y actualizarlos. Tanto la explicación físico-matemática como los valores de entrada y salida, suposiciones y limitaciones se encuentran documentados para cada módulo. A su vez, esta característica también facilita la comunicación con interfaces externas mediante la entrada y salida de datos en formato texto, y órdenes de línea de comando con archivos tipo batch4 para correr las sucesivas simulaciones"*. (SAMA, 2014) Por esto la optimización a través de herramientas de ofimática se incluye como método probado y puesto en práctica con proyectos de gran envergadura.

3.3. Gestión de la demanda

Como se veía anteriormente existen diversos medios técnicos y conceptos que además de conseguir un reducción de consumo generan ventajas económicas debidas a la reducción del costo de la energía.

La gestión de la demanda toma lo mejor de las acciones vistas y genera un sistema de disminución de potencias y energías bajo un concepto más estratégico.

En la figura 10 se reducen los conceptos abordados en este capítulo y los medios técnicos más adecuados para su implementación.

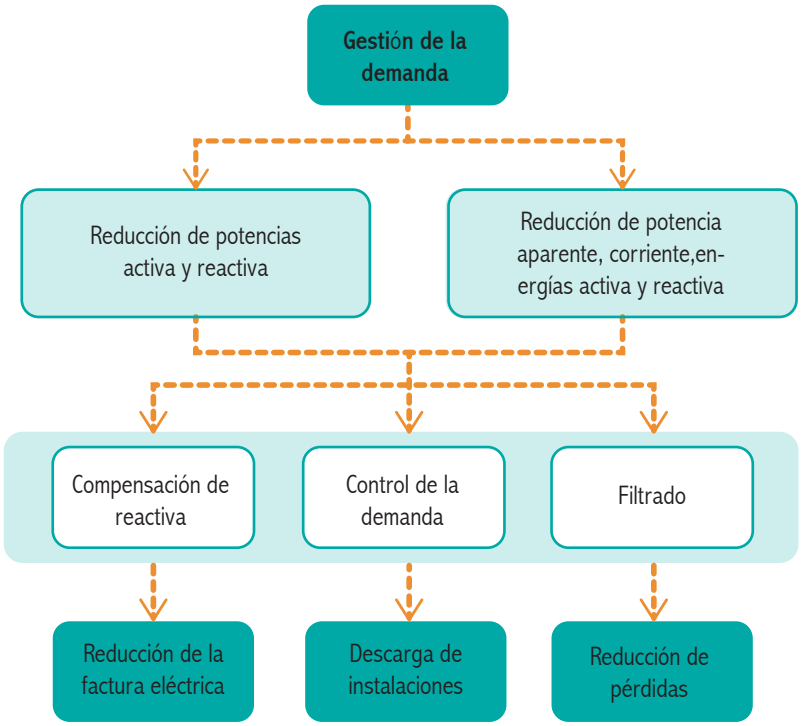


Figura 10. Estrategias técnicas gestión de la demanda tomada de (circuitor, 2008).

La reducción del coste técnico como se observa en la tabla 4 hace innecesaria la ampliación futura de las instalaciones. Por lo tanto se reducen los costos económicos ocultos inmersos bajo las pérdidas de la instalación. Para el correcto funcionamiento se deben instalar equipos para la gestión de la demanda como son:

- Equipos de control de potencia CPP
- Bancos de condensadores BCON
- Filtros de armónicos FARM

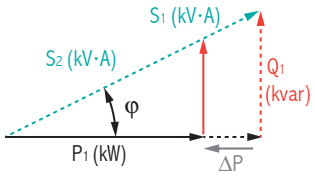
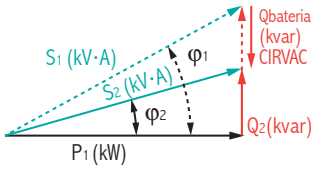
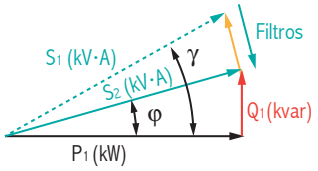
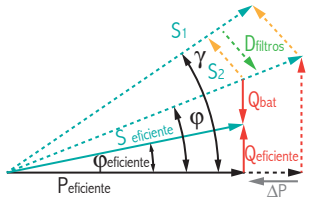
Gestión de la demanda	**Aumento de la capacidad de las Instalaciones**	Disminución de la potencia Activa P	-Reducción de las puntas de demanda -Potencia no necesaria.	CPP		Peficiente =Pactual-Ppunta-Pérdidas
		Disminución de la potencia Reactiva Q	Compensación de potencia reactiva.	BCON		Q nueva = $S1\left(\frac{\cos j\,1}{\cos j\,2}\right)$
		Disminución de potencia de la distorsión	Filtrado de armónicos	FARM		Reduccion factor de sobrecarga $Fc = \frac{S1}{S2} = \frac{I1}{I2}$
		Equilibrado de Fases	Compensación activa de potencia reactiva inteligente. - Compensador multifunción.	FARM/BACON		Reducción del coeficiente de desequilibrio kd y de simetría kc
	Disminución de perdidas	Pérdidas Joule Equilibrado	Reducción de corriente I (P,Q,D)	CPP BACOFARMN	I eficiente < I	
		Pérdidas magnéticas en el transformador	Reducion del factor K		Aumento Sout transformador	$Sout = \frac{Strans}{K}$
	Aumento rendimiento de los transformadores	Disminucion S índice de carga C y perdias equilibrado	Reducción del factor K		h(%)	
	Disminución de caídas de tensión	Disminución S Equilibrado			$DU = Z_{eficiente} \downarrow I_{eficiente} <<< I$	

Tabla 4. Cuadro de métodos de gestión de la demanda elaboración propia fuente (CIRCUTOR, 2008)

De acuerdo a lo anterior y según la acción a implementar, los métodos de gestión descritos en la tabla 4 corresponden a aspectos de calidad de energía en instalaciones, el propósito es disminuir al máximo las pérdidas que existan en la instalación, manteniendo puntos de potencia eficiente. En el caso de instalaciones institucionales el aumento de elementos electrónicos puede producir un aumento gradual en la cantidad de armónicos presentes; centros de cómputo y laboratorios que pueden representar fuentes de pérdidas para un sistema eficiente bajo acreditación LEED. En la figura 11 se observa el comportamiento máxima demanda CPP con la reubicación de cargas estratégica.

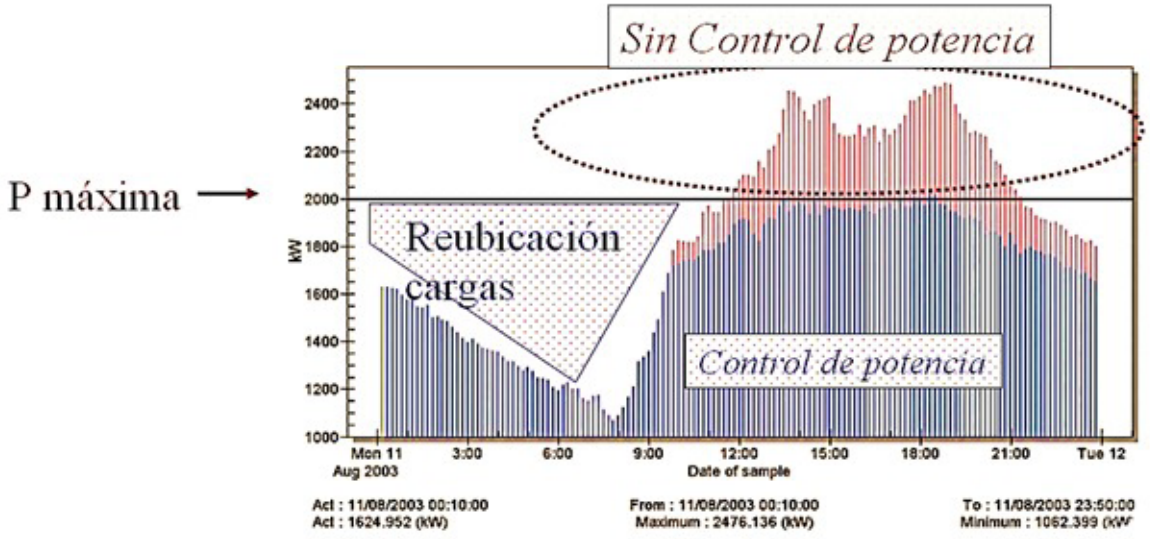


Figura 11. Sistema de control de máxima demanda CPP con la reubicación de cargas estratégicas tomado de: (CIRCUTOR, 2008)

3.4. LA IMPLEMENTACIÓN TECNOLÓGICA EN CASO PRÁCTICO

En cuanto a los casos de estudio donde se ven aplicados los diferentes medios técnicos y tecnológicos que se han relacionado en este capítulo, se señala específicamente uno de los edificios que cuenta con una efectivo aprovechamiento de los recursos energéticos, optimizándolos por medio de diferentes soluciones tecnológicas, es el caso del edificio del centro comercial plaza central el cual cuenta con su respectiva certificación leed y se destaca por mantener niveles máximos de eficiencia y ahorro de energía eléctrica.

Finalmente, según el modelo energético, el proyecto [...] tiene un ahorro de energía del 12 por ciento en comparación con la línea de base, como resultado del rendimiento eficiente de todos los sistemas, las prácticas sostenibles en la construcción y el proceso de puesta en servicio, que generan excelentes condiciones de operación y mantenimiento.

A continuación tabla 5 se lista el equipamiento técnico y las tecnologías usadas para integrar todos los servicios utilizados por el centro comercial y con esto, los ahorros en cuanto a energía eléctrica, que ofrece al utilizarlas.

Caso de estudio	Equipamiento	Optimización por medio de	Ahorro	Tecnologías relacionadas
CENTRO COMERCIAL PLAZA CENTRAL	Plaza central tiene tecnología LED en casi todas las partes del edificio	• Utiliza controles de iluminación sofisticados que representan el ahorro de energía. • Toda la iluminación exterior responde a los requisitos obligatorios de iluminación y controles	• Se tienen densidades de potencia de iluminación las cuales, se diseñaron un 30% por debajo de los prerrequisitos citados por LEED. • La iluminación de este proyecto tiene un ahorro en capacidad instalada respecto a edificios estándar de más del 40%. • Este proyecto cuenta con estrategias de control de iluminación que permiten ahorros de más del 20% respecto a edificios convencionales.	• El proyecto también cuenta con un sistema robusto de administración de edificios (BMS) con un sistema de administración de energía que ayuda a controlar los sistemas y proyectar el consumo de energía. El BMS también ayuda a monitorear y controlar los subsistemas HVAC, hidroeléctricos, y de seguridad. • En este proyecto hay control por incidencia de luz día, lo que significa que la iluminación se atenúa si hay suficiente luz natural en el exterior, posibilitando mayores ahorros energéticos para el proyecto
	El proyecto cuenta con ventilación natural basada en dos mecanismos, ventilación cruzada y ventilación de temperatura diferencial	• Para los sótanos, hay un sistema de ventilación mecánica que inyecta y extrae el aire exterior • Los equipos del sistema de ventilación utilizan motores eléctricos de alta eficiencia, reduciendo el consumo eléctrico	-	Sistema de monitoreo de CO
	Aire acondicionado HVAC	Redes independientes de agua condensada.	Los sistemas de aire acondicionado instalados en el proyecto usan refrigerantes libres de CC., que no afectan la capa de ozono. • El centro comercial utiliza estrategias de ahorro energético que le permiten ser un 16% más eficiente que un edificio de uso y dimensiones similares	-

Tabla 5. Caso practico y aprovechamiento de las tecnologías existentes (15)

Como se menciona, el centro comercial utiliza soluciones de ahorro energético que hacen ser un 16% más eficiente que un edificio de área similar, esto gracias al sistema de administración de edificios (BMS) que cuenta con un sistema de supervisión de energía que ayuda a controlar la red y el consumo de energía, el sistema BMS permite interactuar entre los diferentes subsistemas (iluminación, aire acondicionado, detección y extinción de incendios, potencia, infraestructura IT, seguridad electrónica, CCTV) para lograr un manejo integrado y eficiente del centro comercial. Esto por medio de los protocolos de comunicación que utiliza, como lo son BACnet, Lonworks y Modbus. Que integra el conjunto de regulación de iluminación que se encargará, de gestionar las luminarias de las zonas comunes. Por medio de actuadores en los cuadros de circuitos eléctricos, pulsadores,

sensor astronómico, sensores de presencia y sensores de luminosidad, también regulará el ON/OFF de circuitos de iluminación o actuará sobre balastros DALI.

El sistema BMS activara el ON/OFF de las luminarias de áreas comunes mediante sensor de presencia en las zonas de tránsito. En la zona central del centro comercial el ON/OFF será mediante pulsadores ubicados en el punto de información. A su vez el sistema regulará la iluminación a través de una sonda de luminosidad. En la figura 12 se especifica una arquitectura básica para ser controlada por el sistema BMS (15).

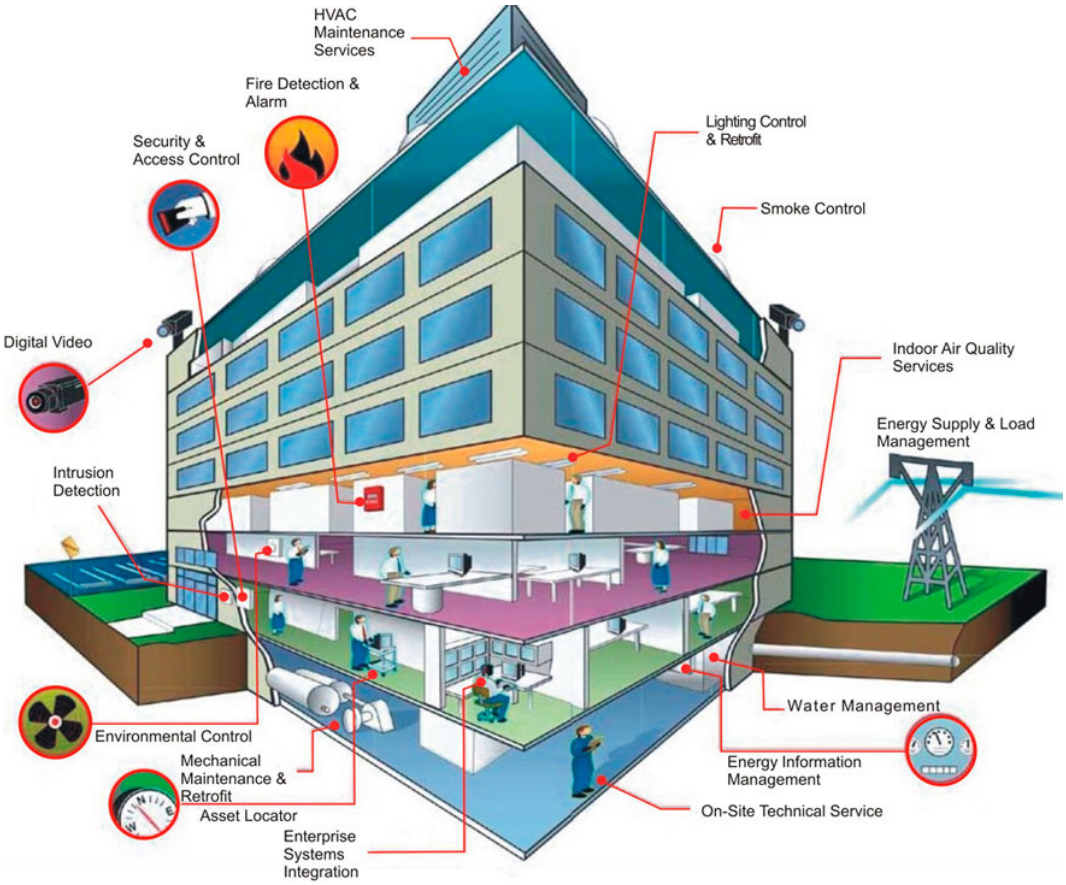
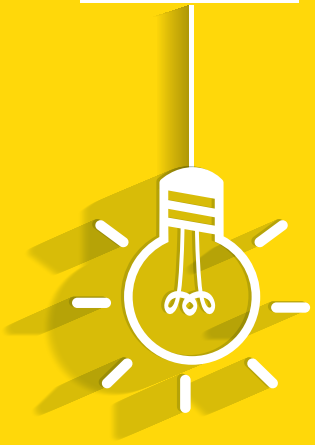


Figura 12. Arquitectura del sistema (21).

4 METODOLOGÍA



METODOLOGÍA PARA OPTIMIZACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS EN INSTALACIONES INSTITUCIONALES COLOMBIANAS BAJO PROCESO DE CERTIFICACIÓN LEED®

El propósito general de la norma ISO 50001 es permitir a las organización e instituciones establecer los sistemas y procesos necesario para mejorar el desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, usos y consumo de la energía. Como tal se establecen los requisitos de un sistema de gestión de energía SGE, basado en el ciclo de mejora continua PLANIFICAR-HACER – VERFIICAR – ACTUAR (PHVA). (ISO, 2011).

Por su forma dinámica esta norma puede ser utilizada independientemente, pero puede ser alineada o integrada con otros sistemas de gestión como el caso del sistema de evaluación para certificación LEED®.

Basados en la estructura del modelo SGE que se observa en la figura 12 y en conjunto con los requisitos específicos en los procesos de certificación LEED®, se realiza la estructuración de la metodología. Desglosada en los siguientes capítulos.

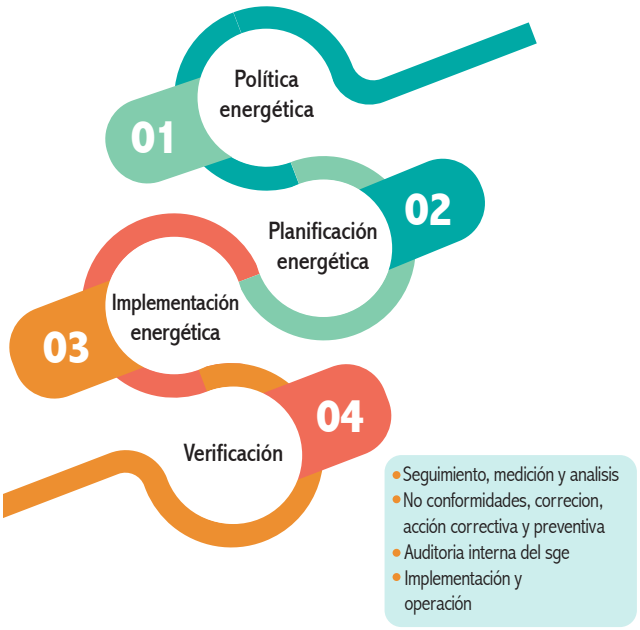


Figura 12. Modelo Sistema SGE Norma Iso 50001 (ISO, 2011)

4.1. Política energética

La política energética se define como el motor y corazón en el proceso de implementación y mejora del sistema SGE, en conjunto con los requisitos LEED® provee la difusión de la política energética para la instalación institucional. Desde el punto de la política energética deben definirse los siguientes aspectos:

- Desde un comienzo la institución bajo la responsabilidad de la alta dirección desea voluntariamente acreditarse bajo los parámetros LEED®. Para esto debe desarrollar un compromiso donde se especifique porque desea hacer parte de las edificaciones verdes.
- A partir del compromiso anterior se incorporan los siguientes puntos adicionales:

  (a) Escala del uso y consumo de la energía en la instalación institucional.

  (b) Compromiso de mejora continua en el desempeño energético.

  (c) Cumplimiento de los requisitos mínimos para acreditación LEED® en los créditos referentes a energía e iluminación.

  (d) Objetivos y metas, siendo coherente con los recursos disponibles.

  (e) Compromiso con la reducción del uso de la energía, consumo y eficiencia energética.

  (f) Informar a todos los miembros de la institución el nuevo esquema de política energética, presentando la posibilidad de participación de miembros competentes dentro de la instalación.

En la figura 13 se detalla el proceso de la metodología para OPTIMIZACIÓN energética de instalaciones Institucionales colombianas.

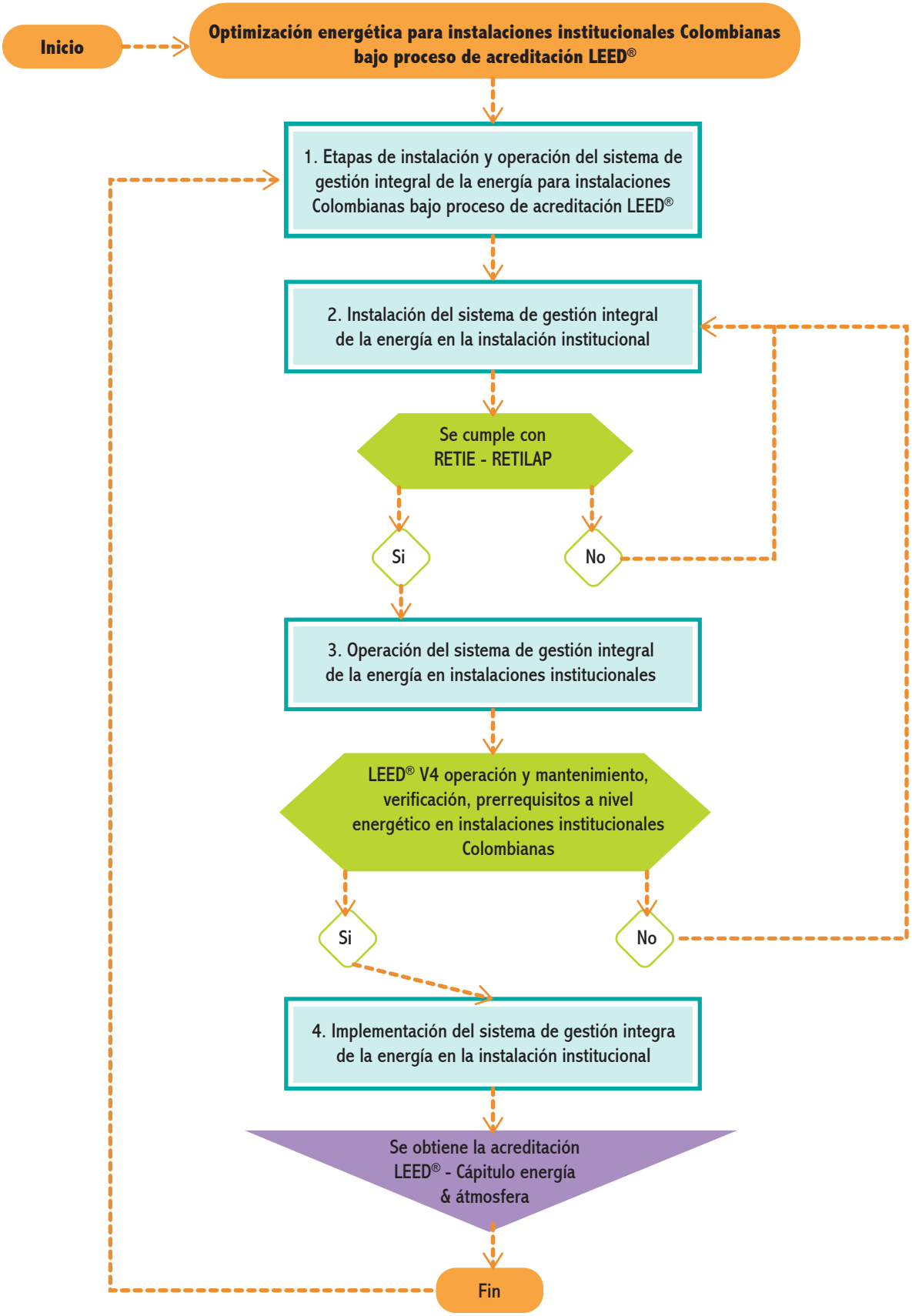


Figura 13 Metodología OPTIMIZACIÓN energética de instalaciones Institucionales colombianas bajo proceso de acredacion LEED. Fuente autoria propia.

4.2. Planificacion energética

La planificación energética como punto de partida del ciclo P-H-V-A implicara la revisión de las actividades de la organización, la etapa de documentación, la auditoria base para revisión de aspectos como el cumplimiento de normas RETIE – RETILAP y la representación actual del desempeño energético en la instalación. La figura 14 muestra un diagrama conceptual con los detalles de los procesos de planificación energética adaptada para las instalaciones institucionales colombianas. La información de este esquema tiene como línea de base el proceso de planificación energética y auditoria de la norma ISO 50001. (ISO, 2011).

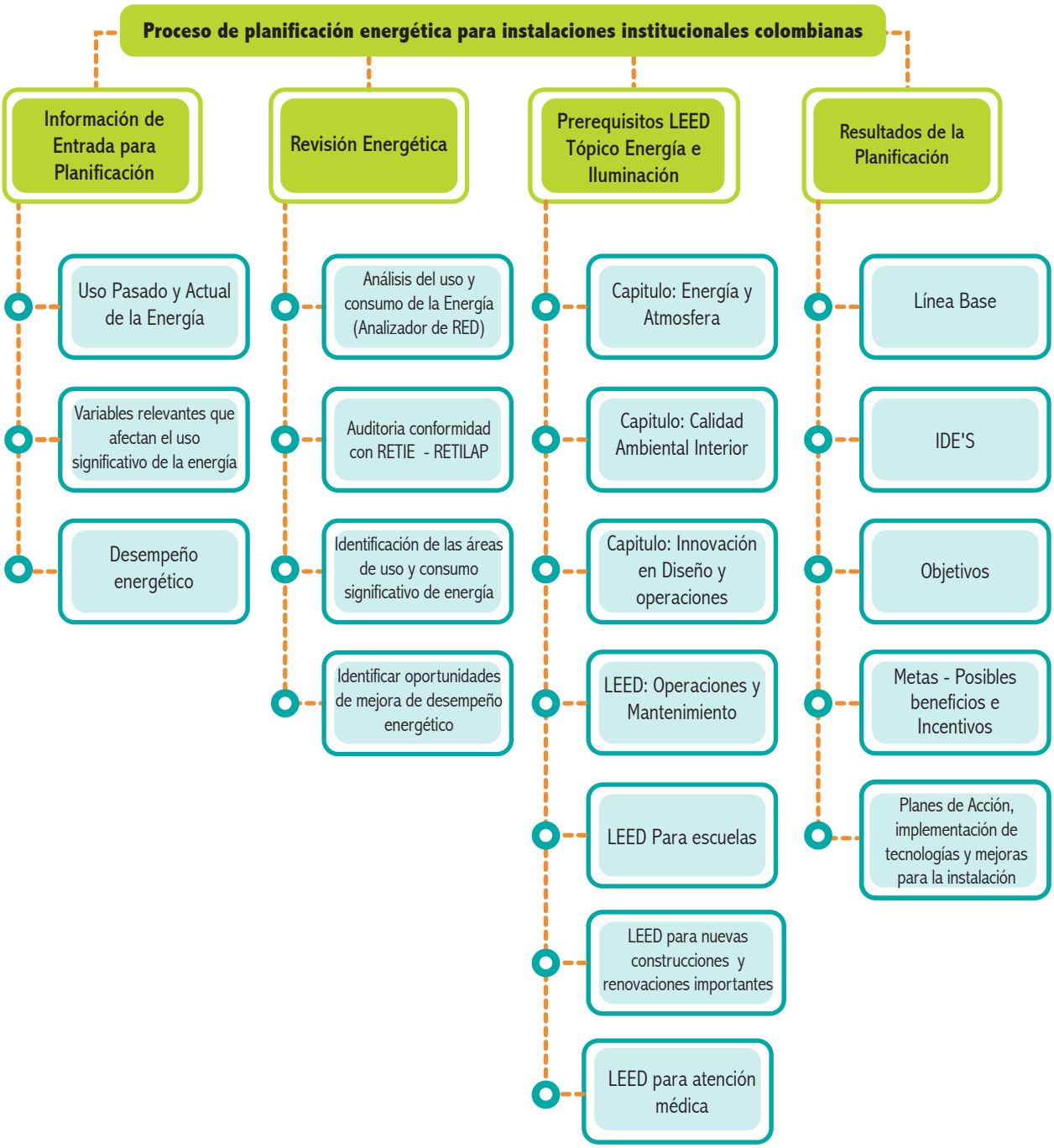


Figura 14 Proceso de planificación energética para instalaciones Institucionales colombianas fuentes autoria propia.

4.2.1. IMPLEMENTACION DE LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Para verificar la instalación y operación de la metodología se recomienda hacer un seguimiento a los resultados y registros obtenidos en cada una de las actividades descritas anteriormente. En la Tabla 6 se presentan los resultados y registros esperados en cada una de las actividades. (ISO, 2011).

RESULTADOS ESPERADOS Y REGISTROS DE LAS ETAPAS DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA PARA INSTALACIONES INSTITUCIONALES COLOMBIANAS BAJO PROCESO DE ACREDITACIÓN LEED®

Etapa 1. Decisión Estratégica

Actividad	Resultados Esperados	Registro
Caracterización Energética de la Institución.	• Potenciales globales de ahorro por gestión energética y por gestión de la Producción. • Tendencias de la eficiencia energética en la institución. • Estado actual del sistema gestión energética de la institución.	• Informe técnico de caracterización energética de la institución. • Encuesta de estado actual del sistema de gestión energética.
Compromiso de la alta Dirección de la Institución.	• Asignación de recursos. • Asignación de responsabilidades. • Aprobación de cronogramas.	•Protocolo de compromiso de implementación de los sistemas (si es auto implementado). • Oferta comercial o contrato de trabajo (si es con ayuda externa).
Alineación de estrategias	• Compromiso de los mandos medios y Supervisores de la instalación.	• Protocolo de alineación del sistema.
Definición y Conformación de la Estructura Técnica y Organizacional de la Institución.	• Identificación de las necesidades de medición para implementar el sistema. • Establecimiento de los centros de costo energéticos. • Identificación de áreas claves. • Identificación de equipos claves. • Identificación del personal clave. • Identificación de actividades de gestión organizacional claves.	• Esquema de medición actual y recomendado. • Diagrama energético productivo de la institución. • Pareto de consumos térmicos y eléctricos por áreas y por equipos. • Organigrama de la institución actual y con la estructura del sistema de gestión integral de la energía propuesto. • Modelo del control de procesos a nivel gerencial actual y con la inserción del sistema integral de gestión energética Propuesto.

Tabla 6 Etapa I Decisión Estratégica Metodología para optimización. (Autoria Propia, 2018)

Luego de desarrollar lo establecido en la tabla 6 se prosigue con la parte de instalación del sistema SGE integral en la instalación institucional para esto se desarrolla la etapa 2 vista en la tabla 7.

Etapa 2. Instalación del Sistema de Gestión Integral de la Energía en la Instalación Institucional

Actividad	Resultados Esperados	Registro
Establecimiento de los Indicadores del Sistema de Gestión de Energía	• Identificación para cada centro de costo de: modelo de variación del consumo, modelo de variación del índice de consumo, metas de reducción de consumos, potencial de ahorros recuperables por gestión, índices de eficiencia, índices base 100, Gráficos de monitoreo. • Establecimiento a nivel institucional del árbol de indicadores de eficiencia o base 100.	• Informe técnico de caracterización para cada centro de costo. • Tabla resumen de modelos de consumos, índices de consumo, metas, potenciales de ahorro recuperables por gestión de cada área. • Pareto de pérdidas absolutas y recuperables por gestión de la institución por portador energético primario.
Identificación de las Variables de Control por Centros de Costo	• Identificación de variables de control por centros de costo recibo tarifario o análisis mas centrado bajo un equipo analizador de redes.. • Identificación de acciones correctivas asociadas a las variables de control del sistema SGE. • Identificación de procedimientos para el control de eventos. • Identificación de buenas prácticas operacionales. • Identificación de Proyectos asociados a las variables de control.	• Protocolos de talleres de identificación de variables de control por centros de costo. • Procedimientos para el control de eventos (paradas programadas, no programadas, arranques, cambios de régimen, cambios de productos o materias primas). • Procedimientos para buenas prácticas operacionales. • Plan de acciones correctivas y/o preventivas. • Proyectos de uso racional de la energía (procedimientos o medidas que requieren evaluación). • Tabla de registro y control de variables de control para el uso eficiente de la energía por centros de costo.
Definición de los Sistemas de Monitoreo	• Implementación del Software o herramienta de monitoreo en cada sitio de monitoreo de la institución. • Establecimiento del procedimiento de monitoreo (indicadores a monitorear, variables a monitorear, valores estándares, tiempo de monitoreo, gráficos de resultados, reportes de resultados, sistema de información y divulgación de resultados, responsable del monitoreo y Equipo de mejora).	• Software o herramienta de monitoreo por centros de cómputo y a nivel de la institución. • Procedimiento de monitoreo por centros de costos y a nivel de la institución.
Diagnóstico Energético	• Preparación del diagnóstico (definición de áreas, procesos y equipos a diagnosticar., definición y preparación del personal de diagnóstico, determinación de la documentación requerida para el diagnóstico, determinación de las necesidades de equipos de medición y/o subcontratación, establecimiento de regímenes de procesos y equipos para el diagnóstico, cronograma del diagnóstico). • Identificación de oportunidades de reducción y control de consumos y de la eficiencia energética. • Validación de las oportunidades identificadas y cumplimiento con los parámetros RETIE – RETILAP establecidos en el ANEXO A Y anexo B. • Validación de cumplimiento prerrquisitos establecidos en la tabla 14 SUB ETAPA 2.	• Protocolo de preparación del diagnóstico. • Plan del diagnóstico. • Informe de resultados del diagnóstico (debe incluir resultados del diagnóstico a: estándares operacionales estado técnico de equipos, de la tecnología, recuperación de efluentes energéticos y productivos, calificación del personal). • Protocolo de declaración de cumplimiento de la instalación institucional con RETIE – ANEXO A • Protocolo de declaración de cumplimiento de la instalación institucional con RETILAO – ANEXO B. • Protocolo de cumplimiento de la instalación institucional con prerrequisitos LEED®.

La vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva	• Tener los criterios suficientes para la selección y ubicación de los proveedores con mayor conocimiento y manejo de la tecnología y de su aplicación en los procesos de mejora dentro de la institución.	• Mapa tecnológico de los procesos. • Implementar los medios técnicos, metodologías adecuadas para la optimización del proyecto LEED® según lo estipulado.
Plan de Medidas de uso eficiente de la energía	• Evaluación técnica, económica, ambiental y financiera de medidas a corto, mediano y largo plazo. • Clasificación de las medidas sin cambios Tecnológicos y con estos. • Clasificación de medidas por recuperación de la inversión, inversión inicial y tiempo de ejecución.	• Informe de evaluación técnica, económica y ambiental de oportunidades de incremento de la eficiencia energética. • Plan de medidas a corto, mediano y largo plazo clasificadas.
Actualización y validación de la Gestión Institucional del SGIE	• Definición o actualización de la entidad colectiva asesora para la gestión energética (Comité, Junta, Equipo de mejora, etc.). Establecimiento de funciones, responsabilidades y autoridades. • Definición de la política energética, objetivos, metas de consumo y de reducción de pérdidas y proyectos asociados a las metas. • Alineación del SGIE con el sistema de gestión gerencial (determinación de actividades, requerimientos y nuevos procedimientos en las áreas de gestión organizacional: ventas, compras, gestión tecnológica, innovación, contabilidad, proyectos, gestión humana, seguridad y salud ocupacional, medio ambiente, procesos Gerenciales).	• Protocolo de conformación o actualización-tiva asesora. • Protocolo de definición de política, objetivos y metas a nivel de empresa. • Protocolo de alineación del SGIE en la gestión organizacional. • Programa de Mantenimiento dirigido a la eficiencia. • Programa de buenas prácticas operacionales. • Programa de innovación y gestión tecnológica. • Programas específicos de cada empresa (Estandarización de la operación, control de pérdidas.
Preparación del Personal	• Identificación del personal clave para el URE de la institucion. Identificación de necesidades de competencias del personal. • Entrenamiento al personal en buenas prácticas de operación y mantenimiento. • Entrenamiento al personal en nuevas metodologías de gerenciamiento energético en la institucion. • Entrenamiento al personal para la comprensión y administración del SGIE. • Entrenamiento del personal para el autodiagnóstico y mantenimiento dirigido a la eficiencia de los equipos claves.	• Plan de preparación del personal. • Plan de evaluación de calificación, competencias y de estimulación del desempeño del personal.
Elaboración de la Documentación del SGIE - LEED®	• Definición del sistema de documentación del SGIE. • Evaluación de cumplimiento de Prerrequisitos.	• Manual del SGIE. • Plan de Comunicación del SGIE. ANEXO C
Auditoría Interna al SGIE	• Metodología de la auditoría. • Identificación de no conformidades. Establecimiento de acciones correctivas y preventivas. • Seguimiento de cumplimiento de acciones correctivas.	• Protocolo de auditoría al sistema. • Plan de medidas de la auditoría.

Tabla 7. Etapa 2. Instalación del Sistema de Gestión Integral de la Energía en la Instalación Institucional. (Autoria Propia, 2018)

La tabla 8 muestra el procedimiento y registro necesario para la puesta en marcha de la metodología y actividades relacionada a la realimentación del sistema de SGE LEED®. Se recomienda para una correcta aplicación seguir el orden de las etapas planteadas actividad vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.

Etapa 3. Operación del Sistema de Gestión Integral de la Energía en Instalaciones Institucionales

Actividad	Resultados Esperados	Registro
Seguimiento y divulgación de indicadores	• Cumplimiento de los indicadores establecidos para alcanzar los potenciales en reducción de costos identificados. • Control de las variables que impactan los consumos y la eficiencia energética de los equipos y procesos. • Alineación de los procesos gerenciales hacia el uso eficiente de la energía.	• Gráficos de control de indicadores en los software de monitoreo de cada centro de costo y a nivel de la institución. • Protocolos de seguimiento en la entidad asesora a nivel de la institución. • Informes de desempeño a gerencia.
Seguimiento y Evaluación de Buenas Prácticas de Operación, Mantenimiento, Producción y Coordinación alta Dirección	• Cambio y consolidación de hábitos operacionales, de mantenimiento, de producción y de coordinación hacia las mejores prácticas al nivel táctico.	• Gráficos de tendencia y base 100 en los software de monitoreo de cada centro de costo. • Registros de actividades de seguimiento de los equipos de mejora.
Implementación de Programas y Proyectos de Mejora	• Realizar vigilancia tecnológica hacia la actualización rentable de los equipos y procesos para el uso eficiente de los recursos. • Implementar mejoras tecnológicas rentables en los equipos y procesos. • Mantener seguridad y calidad en el suministro de energía para los procesos productivos de la institución. • Ajuste técnico de equipos y de regímenes de trabajo para elevar la eficiencia energética.	• Protocolos de evaluación de Programas del SGIE. • Registros de análisis y decisiones tomadas por la Gerencia sobre modificaciones, expansiones o compra de equipos, sistemas o procesos que impactan significativamente el uso de la energía. • Analizar cuadro de cumplimiento LEED®.
Implementación del Plan de Entrenamiento y Evaluación del Personal	• Mantener el personal clave actualizado y calificado para la operación del sistema.	• Registros de actividades de entrenamiento al personal vinculado con la energía.
Chequeos de Gerencia	• Mantener en funcionamiento el SGIE.	• Registros de resultados de las revisiones de la Gerencia al SGIE. • Registros de resultados de las auditorías al SGIE.
Ajustes del Sistema de SGE – Optimización	• Mejorar continuamente el SGIE. • Continuar con las mejoras establecida dentro de los prerrequisitos LEED®, implementar las nuevas tecnologías disponibles.	• Registros de cambios de procedimientos establecidos. • Registros de justificación de Acciones correctivas y Preventivas.

Tabla 8. Etapa 3. Operación del Sistema de Gestión Integral de la Energía en Instalaciones Institucionales. (Autoria Propia, 2018).

Finalmente para el proceso de correspondiente a la etapa dos se deben corroborar los prerrequisitos y créditos que se observan en la tabla 9 verificaciones operaciones y mantenimiento esto con el fin de dar cumplimiento a la metodología de optimización.

Sub etapa 2. leed® V4 operaciòn y mantenimiento verificación prerrequisitos a nivel energètico en instalaciones institucionales

Cápitulo LEED® V4 BO M	Crédito / Prerrequisito	Requisito	Puntos Posibles	Propósito
PARCELAS SOSTENIBLES PS	Crédito PS: Reducción de la contaminación Lumínica	• Apantallar los aparatos: apantallar todos los aparatos exteriores (donde la suma de los lúmenes de las lámparas de dichos aparatos exceda los 2500 lm) de forma que los aparatos instalados no emitan directamente la luz en un ángulo vertical mayor de 90 grados. • Mediciones del perímetro: Medir los niveles de iluminación nocturna en puntos separados regularmente en el límite del proyecto. Se requiere realizar por lo menos ocho medidas en puntos separados como máximo 30 metros. "El nivel de iluminación medido con las luces encendidas no debe ser mayor del 20% por encima del nivel medido con las luces apagadas."	1 punto	• Incrementar el acceso al cielo nocturno. • Mejorar la Visibilidad en las Horas Nocturnas, reducción de la polución luminosa.
ENERGÍA Y ATMOSFERA (ELLA)	Prerrequisito MEJORES PRACTICAS DE GESTION DE LA EFICIENCIA ENERGETICA	•Auditoria Energética que cumpla los requisitos del análisis preliminar de consumos de energía de ASHRAE Valoración nivel 1. •Desarrollar la implementación de la etapa 1 decisión estratégica. •Revisar Implantación establecida en LEED® V4 BO M • Se recomienda la utilización de la herramienta TIC DC PRO del departamento de energía de U.S para la evaluación Preliminar del consumo de energía.		Promover la continuidad de la información para asegurar que se mantienen las estrategias de funcionamiento eficiente en energía y proporcionar fondos para la formación y análisis de sistemas.
ENERGÍA Y ATMOSFERA (ELLA)	Prerrequisito MÍNIMA EFICIENCIA ENERGÉTICA	• Medir el consumo de energía del edificio durante 12 meses de funcionamiento continuo y lograr los niveles de eficiencia establecidos en las siguientes opciones (CONSUMOS REALES comparados con edificios LEED® similares) •Caso 1: CLASIFICACIÓN ENERGY STAR; Usando la herramienta ENERGY STAR de EPA, alcanzar una clasificación de al menos 75 del estándar 90.1-2010 ANSI/ASHRAE/IESNA Apéndice B y D. •Caso 2: Proyectos no elegibles para la clasificación ENERGY STAR debe compararse con proyectos similares a nivel nacional demostrando que la eficiencia energética es un 25% superior a la media nacional.		Reducir los daños ambientales y económicos producidos por el consumo excesivo de energía estableciendo un nivel mínimo de eficiencia energética.

ENERGÍA Y ATMOSFERA (ELLA)	Prerrequisito MEDICIÓN DE ENERGÍA A NIVEL DE TODO EL EDIFICIO	• Instalar contadores de energía nuevos o utilizar los ya existentes. • Desarrollar resúmenes mensuales y anuales. • Comprometerse a compartir ante el USGBC los datos de consumo resultantes y la demanda de electricidad durante un periodo de cinco años, a partir de la certificación LEED®.		Apoyar a la etapa de Gestión energética e identificar oportunidades de ahorros energéticos adicionales mediante el seguimiento del consumo de energía de todo el edificio.
ENERGÍA Y ATMOSFERA (ELLA)	Prerrequisito GESTIÓN BÁSICA DE REFRIGERANTES	• No utilizar refrigerantes CFC en los sistemas de ventilación, calefacción, aire acondicionado y refrigeración, en caso de no cumplirse debe certificarse la no capacidad económica para la conversión al nuevo sistema.		Reducción en la disminución de la capa de ozono en la estratosfera.
ENERGÍA Y ATMOSFERA (ELLA)	CRÉDITO: Recepción del edificio existente – análisis.	• Evaluar cumplimiento del RETIE – RETILAP del edificio. • Evaluar la eficiencia actual del edificio frente a las especificaciones planteadas en las metas y la decisión estratégica. Para esto se puede optar por las siguientes opciones de evaluación: -Opción 1: recepción del edificio existente: Cumplimiento de los requisitos en las instalaciones, equipo responsable de la recepción, análisis de oportunidades de mejora, plan de implementación y programa propuesto con sus entregables. -Opción 2: Auditoria energética: Desarrollar una auditoria energética siguiendo los requisitos del ASRHAE Nivel 2.	2 puntos	Usar el proceso de recepción del edificio para mejorar la operación, la eficiencia energética y de recursos del edificio.
ENERGÍA Y ATMOSFERA (ELLA)	CRÉDITO: Recepción del edificio existente – implantación	• Cumplir los requisitos requisitos del crédito EYA Recepción del edificio existente – análisis. • implantar mejoras operativas como las evidenciadas en el capítulo de métodos y tecnologías para la optimización de la energía eléctrica. • Continuar con el proceso operativo planteado en el modelo de optimización del presente trabajo.	2 puntos	Usar el proceso de recepción del edificio existente para mejorar las operaciones, la eficiencia energética y de los recursos del edificio.
ENERGÍA Y ATMOSFERA (ELLA)	CRÉDITO: Recepción Continua	• Etapa 3. Operación del Sistema de Gestión Integral de la Energía en instalaciones institucionales colombianas.	3 puntos	Usar el proceso de recepción del edificio existente para mejorar las operaciones, la eficiencia energética y de los recursos del edificio.

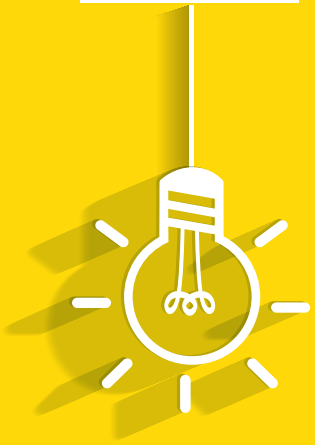
ENERGÍA Y ATMOSFERA (ELLA)	CRÉDITO: Optimización de la eficiencia energética	•Dirigirse a los resultados de la planificación, el proceso al ser cíclico garantiza un continuo mejoramiento. •Demostrar un incremento de la eficiencia energética o mejora en la eficiencia energética más allá de la requerida en el prerrequisito EYA. Los datos de medición se requieren durante 12 meses. Según los siguientes casos. •CASO I Clasificación ENERGY STAR (3-20 puntos) anexo puntos para la clasificación de la eficiencia de ENERGY STAR •CASO II Proyectos no elegibles para la clasificación energy star. Anexo Proyectos no elegibles para la clasificación ENERGY STAR.	1 – 20 puntos	Reducción de los daños económicos y ambientales asociados con un consumo excesivo de energía al conseguir mayores niveles de eficiencia energética en la operación de la instalación institucional.
ENERGÍA Y ATMOSFERA (ELLA)	CRÉDITO: Medición avanzada de energía	•Instalación de un contador de energía Avanzado. (Fuentes de generación de energía en el edificio o cualquier carga final que represente el 10% o más del consumo total anual del edificio) • Programación de alarma cuando el consumo de energía y la demanda de punta sobrepasen más de un 5% de la cantidad anticipada. Las mediciones deben tomarse en intervalos de tiempo similares a los tomados por las compañías prestadoras del servicio de energía.	2 puntos	Apoyar a la metodología y al SGE a identificar las oportunidades de ahorro de energía adicionales haciendo un seguimiento del consumo de energía a nivel del edificio y de los demás sistemas.
ENERGÍA Y ATMOSFERA (ELLA)	CRÉDITO: Respuesta a la Demanda	•CASO 1: Programa de respuesta a la demanda disponible (3 puntos) •CASO 2: Programa de respuesta a la demanda no disponible (3 puntos) • CASO 3: Desplazamiento permanente de cargas (2 puntos)	1-3 puntos	Incrementar la participación en tecnologías y programas de respuesta a la demanda que hagan la generación de energía y sistemas de distribución más eficientes.
ENERGÍA Y ATMOSFERA (EYA)	CRÉDITO: Energía renovable y compensaciones de Carbono	Demostrar una o las dos condiciones siguientes para al menos una parte del consumo total de energía del edificio: •El consumo total de energía se cumple directamente con sistemas de energía renovable. •Se dispone de un contrato de mínimo de dos años con el compromiso de renovarlo continuamente * AUN NO SE CUMPLE PARA COLOMBIA ESTAS CONDICIONES. Se utiliza la siguiente ecuación para calcular el valor del crédito hasta un límite de 5 puntos: $\text{Puntos} = \frac{\%\ \text{Energia Renovable generado}}{1.5\ \%} + \frac{\%\ \text{Energia comprada/compensada}}{25\ \%}$	1-5 puntos	Fomentar la reducción de emisiones de gases con efecto invernadero a través del uso de tecnologías de energía renovable locales.

CALIDAD AMBIENTAL INTERIOR (CAI)	Crédito CAI: Iluminación Interior.	•CASO 1: Control de iluminación para al menos un 50% de los espacios con al menos un ocupante. Referenciarse al capítulo de tecnologías y metodologías para una mayor información. (1 PUNTO) Y/O •CASO 2: Calidad de la Iluminación: para todos los espacios usar luminarias con al menos 2500 cd/m2 entre 45 y 90 grados respecto al nadir. Las excepciones corresponden a luminarias de baño de paredes. -Fuente de iluminación con CRI 80 mayor o igual. -Para al menos el 75% de la carga total de iluminación las fuentes de luz con L70 promedio de al menos 24000 horas. -Usar iluminación solo directa cenital para el 25% o menos de la carga total de iluminación en los espacios habitualmente ocupados. -Para al menos el 90% de la superficie bruta construida habitualmente ocupada cumplir o exceder los siguientes umbrales para la reflectancia media de las superficies: 85% para techos, 60% para paredes y 25% para suelos. -Si el mobiliario está incluido elegir mínimo las siguientes reflectancias: 45% de la superficie de trabajo y 50% para mamparas. -Para al menos el 75% de la superficie bruta construida ocupada cumplir la relación media de iluminancia de la superficie de las paredes de 1:10 sin exceder de la iluminancia media del plano de trabajo. -Para al menos el 75% de la superficie bruta construida, cumplir una relación media de iluminancia techo frente a la iluminancia del plano de trabajo que no exceda 1:10.	1 2 puntos	Promover el bienestar, la productividad y el confort de los ocupantes brindando una iluminación de alta calidad.

Tabla 9. Sub Etapa 2. Leed® V4 Operaciòn Y Mantenimiento Verificaciòn Prerequisitos A Nivel Energètico En Instalaciones Institucionales. (Autoria Propia, 2018).

Luego de realizar paso a paso el proceso de la metodología descrita hasta el momento, debe resaltarse que la parte de planificación es la de mayor importancia en el proceso de auditoria ya que se verifica si se está cumpliendo a cabalidad con los requisitos RETIE de la instalación al igual que los requisitos RETILAP en cuanto a iluminancia de acuerdo a lo establecido la sección 410 (20), finalmente dada la conformidad con los reglamentos de la instalación se procede a revisar la lista de chequeo ANEXO A y ANEXO B con la cual el auditor podrá especificar el cumplimiento de los criterios exigidos para las instalaciones institucionales colombianas. Dada la variedad de las instalaciones institucionales colombianas este trabajo pretende cubrir las actuales fallas que presenta el establecimiento de requisitos LEED en instalaciones que no presentan las características de los países de origen de la normativa, es decir que con la metodología descrita en este capítulo se quiere facilitar la implementación y posterior certificación LEED en cuanto a los prerrequisitos del nivel energético en instalaciones institucionales como se enuncia en la tabla 9.

5 CASO PRÁCTICO



CASO PRÁCTICO: OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN DEL BLOQUE CINCO A TRAVÉS DEL FLUJO LUMINOSO.

Basándose en la estructura de la metodología planteada, se procede a ejecutar el proceso de planificación inicial para la edificación del bloque 5 "laboratorios" en la facultad tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, este proceso no solo pretende ser utilizado para lograr una acreditación específica, sino que además brinda la oportunidad de integrar en el ámbito de la academia el estudio de la optimización, el ahorro energético y beneficios económicos a los que se pueda acceder a través de los incentivos nacionales.

5.1. Información de entrada para la planificación.

Política Energética

- Desde un comienzo la institución Universitaria bajo la responsabilidad de la Decanatura desea voluntariamente acreditarse bajo los parámetros LEED®.

  Compromiso: "La Universidad a través de sus programas de ingeniera y urbanismo desea comenzar a implementar proyectos de extensión enfocados en el desarrollo de programas de edificación verde y proyectos sustentables. Inicialmente desde la coordinación del programa de ingeniería Eléctrica se desea desarrollar el plan piloto con el cual se pretende acreditar y adecuar la instalación del bloque cinco bajo los parámetros LEED®, ya que este es el mayor desarrollo e implementación en el país."

- A partir del compromiso anterior se incorporan los siguientes puntos adicionales:

  (g) Escala del uso y consumo de la energía en la instalación institucional

  La instalación del bloque cinco contiene una gran parte de los laboratorios de los respectivos proyectos curriculares en la facultad tecnológica de la universidad Distrital, como se observa en los cuadros de cargas existentes unos de los consumos más significativos se encuentran en el laboratorio de alta tensión y compatibilidad electromagnética. El restante se encuentra distribuido en equipos de iluminación, otros equipos de laboratorio y equipos de cómputo en las diferentes aulas.

  (h) Compromiso de mejora continua en el desempeño energético

  La facultad tecnológica bajo el direccionamiento de la Decanatura se compromete a mejorar continuamente el desempeño energético de la instalación a través del continuo monitoreo de los IE, y la conformación de un grupo de investigación en el cual se dé el continuo mejoramiento de la instalación y la producción de nuevos métodos para la reducción del consumo de la energía.

  (i) Cumplimiento de los requisitos mínimos para acreditación LEED® en los créditos referentes a energía e iluminación.

  (j) Objetivos y metas, siendo coherente con los recursos disponibles.

  (k) Compromiso con la reducción del uso de la energía, consumo y eficiencia energética.

  (l) Informar a todos los miembros de la institución el nuevo esquema de política energética, presentando la posibilidad de participación de miembros competentes dentro de la instalación.

5.2. Auditoria energética: Instalación eléctrica e iluminación bloque cinco facultad tecnológica

Inicialmente se realizó una auditoria en cuanto a aspectos energéticos, a finales del año 2017 y comienzos del 2018 se realizó el levantamiento fotométrico del estado actual de la edificación donde se evidencio una combinación entre tecnología LED y Tecnología Fluorescente. Las mediciones efectuadas arrojaron los siguientes resultados contrastados con los requisitos de la tabla 410.1 "INDICE UGR MÁXIMO Y NIVELES DE ILUMINACION EXIGIBLES PARA DIFERENTES ÁREAS Y ACTIVIDADES".

Para las mediciones se siguió el protocolo establecido en la sección 490 específicamente medición de iluminancia y uniformidad general, con el luxómetro de referencia EXTECH 4070 con certificado de calibración vigente al año 2018. Ingresando al siguiente código QR se resume esta medición fotométrica inicial.

Análisis del consumo de potencia activa caracterización global

Para el análisis del consumo de la energía se utilizó el analizador de RED FLUKE 435 que por sus características prestacionales, garantizaría en el proceso la medición de energía y perfil de carga del bloque 5. La medición se realizó por aproximadamente 7 días incluyendo días de consumo bajo la figura 15 muestra el perfil de carga de la instalación.

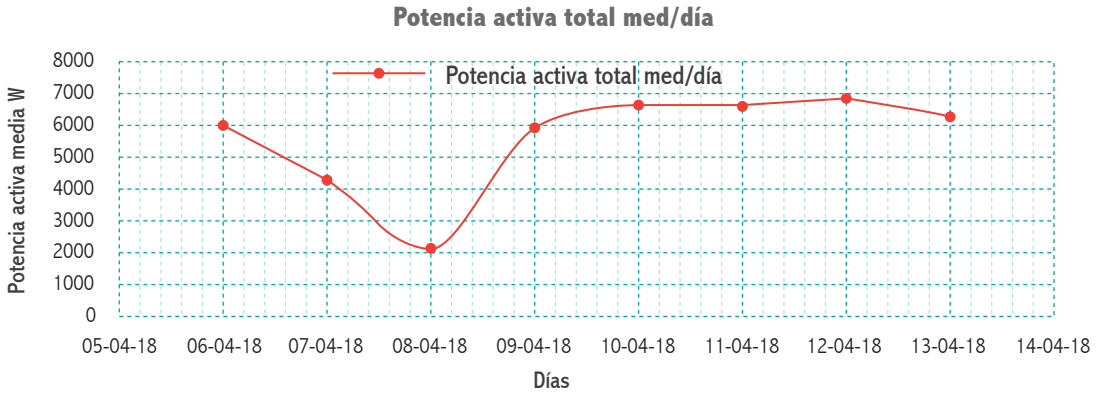


Figura 15. Potencia Activa Total Med/día (13)

El intervalo de medición establecido de energía activa consumida se realizó con un intervalo de 15 minutos, de acuerdo con esto, la evolución del consumo de energía del edificio se observa en la figura 16.

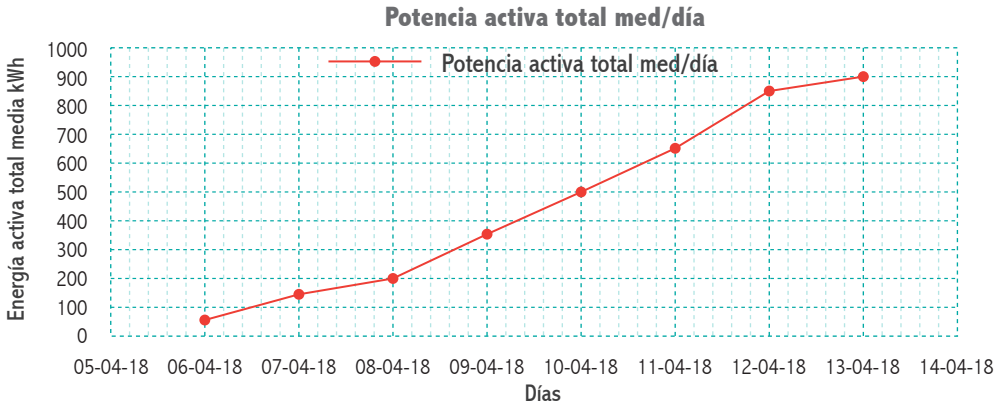


Figura 16. Energía Activa total Med/día. (13)

Por lo tanto, se establece un consumo de energía total en el transcurso de 7 días con carga funcional del edificio de 923,861 kWh. De acuerdo a esto se puede realizar una estimación del costo por el uso energético semanal del edificio teniendo en cuenta el tarifario para la ciudad de Bogotá mes de abril sector no residencial oficial monomia cuyo costo de kWh se encuentra en $ 400,6973 pesos. Por lo tanto, el costo semanal del edificio es:

$$\$SemanalBloque\ 5 = 923{,}86\ kWh \times \$400{,}6973\ pesos$$

$$\$SemanalBloque\ 5 = \$370.188\ pesos$$

Para un costo mensual

$$Costo\ Mensual\ Bloque\ 5 = \$370.188\ pesos \times 4\ semanas$$

$$Costo\ Mensual\ Bloque\ 5 = \$1.480.752\ pesos$$

Optimización energética de la instalación de iluminación a través del flujo luminoso

Como se observaba en capítulos anteriores la iluminación puede llegar a generar ahorros de hasta el 60% en la instalación actual y se debe a que en la mayoría de los casos no se desarrolla un estudio fotométrico adecuado siguiendo los parámetros fijados por la normativa nacional RETILAP (requisitos de la tabla 410.1 "INDICE UGR MÁXIMO Y NIVELES DE ILUMINACION EXIGIBLES PARA DIFERENTES ÁREAS Y ACTIVIDADES") y recomendaciones internaciones como se encuentra en la norma IESNA LIGHTING HANDBOOK ED 10.

En esta parte de rediseño fotométrico se pretende llegar a una mejora significativa de acuerdo a la actual instalación como se observa en la tabla 10 y reemplazando las luminarias por luminarias de especificación media en tecnología LED.

Cantidades	Referencia	Flujo UTIL lm*	Potencia W	Eficacia lm/W
132	LUMINARIA LED DE INCRUSTAR REJILLA 4X10W COMPLETA 60X60 	2779	68	40,9
11	STAND LUMINARIA INDUSTRIAL 20×120 -2×32W T8 PARA SOBREPONER 	4245	64	66,3

Tabla 10. Luminarias de tecnología fluorescente Instaladas en la actualidad en el bloque cinco. (Autoria Propia, 2018)

Se recomienda para un adecuado recambio a tecnología LED tomar el flujo útil de la luminaria, como este es el flujo que verdaderamente sale del dispositivo la tecnología LED por su comportamiento luminoso puede tomar directamente como diseño este valor de lúmenes, la potencia puede variar de acuerdo a la eficacia y tecnología del LED utilizado en la luminaria. En el caso del proyecto se debe realizar un recambio con un panel de incrustar LED y una luminaria Industrial LED reemplazo tubo T8. El posible recambio se observa en la tabla 11, donde se observan las características de la luminaria.

Cantidades	Luminaria	Flujo Eficiente lm	Potencia Unitaria W	Eficacia luminosa lm/W	Pérdidas Unitarias W
132	PANEL 60 × 60 38W CHIP EPISTAR WWMV 6500 K 110V-277 V (Ficha técnica Adjunta) VIDA ÚTIL 60.000 Hrs. 	3382 (Se selecciona un flujo un poco mayor ya que en las mediciones fotométricas se evidencio que la mayoría de las aulas se encuentran por debajo de los niveles recomendados)	38	89	(Pérdidas driver +/- 5%)
11	LINEAR FLAT 28W LED SL LSLINEAR28W, 6500 K, 2700 lm, Aluminio EXTRUIDO, CHIP SAMSUNG.	2700	28	96	(Pérdidas driver +/- 5%)

Tabla 11. Recambio tecnología LED a través de flujo luminoso (Autoria Propia, 2018)

Cuyas características fotométricas se encuentran en el ANEXO D y ANEXO E fichas técnicas, se debe recordar que como requisito fundamental de la acreditación LEED® las luminarias a instalar deben cumplir los siguientes parámetros.

- luminarias con al menos 2500 cd/m^2 entre 45 y 90 grados respecto al nadir. Las excepciones corresponden a luminarias de baño de paredes.
- Fuente de iluminación con CRI 80 mayor o igual.
- Para al menos el 75% de la carga total de iluminación las fuentes de luz con L70 promedio de al menos 24000 horas.
- Usar iluminación solo directa cenital para el 25% o menos de la carga total de iluminación en los espacios habitualmente ocupados.
- Para al menos el 90% de la superficie bruta construida habitualmente ocupada cumplir o exceder los siguientes umbrales para la reflectancia media de las superficies: 85% para techos, 60% para paredes y 25% para suelos.

- Si el mobiliario está incluido elegir mínimo las siguientes reflectancias: 45% de la superficie de trabajo y 50% para mamparas.
- Para al menos el 75% de la superficie bruta construida ocupada cumplir la relación media de iluminancia de la superficie de las paredes de 1:10 sin exceder de la iluminancia media del plano de trabajo.
- Para al menos el 75% de la superficie bruta construida, cumplir una relación media de iluminancia techo frente a la iluminancia del plano de trabajo que no exceda 1:10.

En la tabla 12 se resumen estas características.

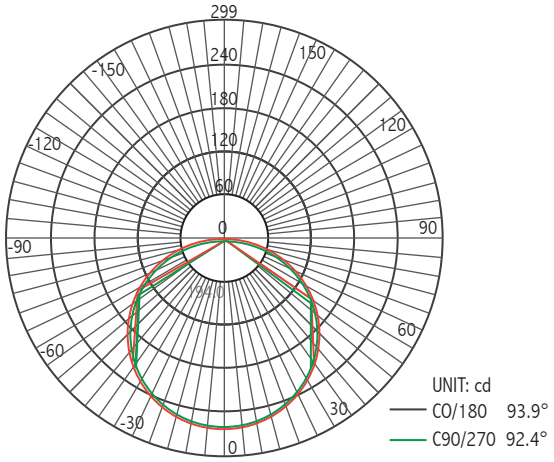
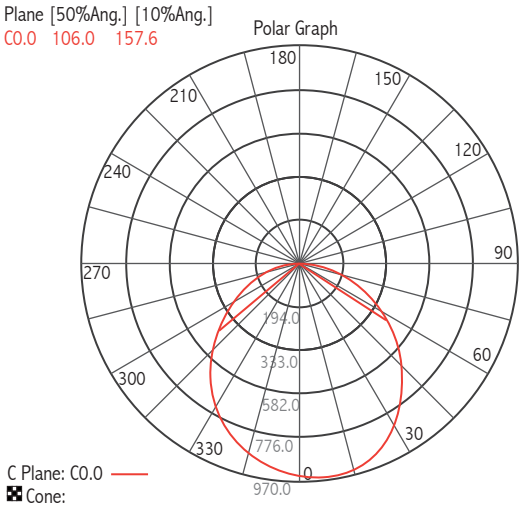
PANEL 38 W CHIP 6500 K SAMSUNG		LINEAR FLAT 28W SAMSUNG 6500 K	
 AVERAGE BEAM ANGLE(50%): 110.8 DEG			
Potencia:	42 W	**Potencia:**	28 W
IRC:	>80%	**IRC:**	>80%
IP(Hermeticidad):	IP40	**IP(Hermeticidad):**	IP40
Temperatura de color:	4000K - 6500K	**Temperatura de color:**	4000K - 5000K - 6500 K
Voltaje (Tensión driver):	85-277v	**Voltaje (Tensión driver):**	85-277v
Vida util:	60000 HR	**Vida util:**	60000 HR
Flujo luminoso:	4200 Lm	**Flujo luminoso:**	2660 Lm
Eficacia luminica:	100 Lm/W	**Eficacia luminica:**	81 Lm/W
Marca chip:	Samsung	**Marca chip:**	Samsung
Garantia:	5 años	**Garantia**	5 años

Tabla 12. Características fotométricas luminarias propuestas para recambio (Autoria Propia, 2018)

Utilizando el software DIALUX EVO 8 se realiza el diseño fotométrico con las nuevas fotometrías propuestas en tecnología LED. Los resultados de este diseño inicial bajo recambio de flujo son los que se encuentran en el ANEXO F Resultados fotométricos recambio luminarias Fluorescentes a tecnología LED. En la tabla 13, tabla 14, tabla 15 y tabla 16 se relacionan los resultados obtenidos con los niveles de referencia exigidos en la normativa. A partir de este cálculo se evidencia una mejora significativa en los niveles de iluminación.

Piso	Recinto	Nivel de Iluminancia Medida lx	Uniformidad Uo (min/med) medida %	Niveles de Referencia Iluminancia [lx] RETILAP Medio*	Uo (min/med) %
Uno	Almacén de Topografía	615,66	69,36	500	> = 50
	Hall	377	46	100	> = 50
	Baño Privado			150	> = 50
	Laboratorios Hidráulica	559	41	500	> = 50
	Laboratorios de Estructura	571	40	500	> = 50
	Laboratorios de Suelos y Pavimentos	429	48	500	> = 50
	Laboratorio Especializado de Compatibilidad y Alta Tensión.	531	70	500	> = 50

Tabla 13 Rediseño Fotométrica Piso uno Bloque 5 Facultad Tecnológica. (Autoria Propia, 2018)

Piso	Recinto	Nivel de Iluminancia Medida lx	Uniformidad Uo (min/med) medida %	Niveles de Referencia Iluminancia [lx] RETILAP Medio*	Uo (min/med) %
Mezzanine	Salón 105	319	38	500	> = 50
	Salón de Software Aplicado Civiles	313	45	500	> = 50
	Sala de Profesores Ing. Civil	313	45	500	> = 50
	Hall Mezzanine	149	49	150	> = 50

Tabla 14. Medición Fotométrica Piso Mezzanine Bloque 5 Facultad Tecnológica. (Autoria Propia, 2018)

Piso	Recinto	Nivel de Iluminancia Medida lx	Uniformidad Uo (min/med) medida %	Niveles de Referencia Iluminancia [lx] RETILAP Medio*	Uo (min/med) %
Dos	Hall	393	24	500	> = 50
	Hall Baños	231	62	100	> = 50
	Baños Hombres	377	22	150	> = 50
	Baños Mujeres	286	43	150	> = 50
	Almacén de Química	381	47	150	> = 50
	Cuarto Oscuro	330	17	500	> = 50
	Laboratorio de Circuitos Impresos	506	61	500	> = 50
	Laboratorio de Física de Ondas	477	64	500	> = 50
	Oficina de Laboratorios circuitos Impresos	335	61	500	> = 50
	Oficina de Laboratorio de Química	385	64	500	> = 50
	Laboratorio de Química Básica	446	45	500	> = 50
	Laboratorio Física Mecánica y Electromagnetismo	448	17	500	> = 50
	Oficina y Almacén de Física	393	14	500	> = 50

Tabla 15. Resultados Fotométricos Piso Dos Bloque 5 Facultad Tecnológica. (Autoria Propia, 2018)

Piso	Recinto	Nivel de Iluminancia Medida lx	Uniformidad Uo (min/med) medida %	Niveles de Referencia Iluminancia [lx] RETILAP Medio*	Uo (min/med) %
Tres	Hall	107	35	500	> = 50
	Cuarto de Control	266	45		
	Aula 301	420	69	500	> = 50
	Aula 302	444	60	500	> = 50
	Sala de Software Ciencias Básicas	571	88,5	500	> = 50
	Bodega Lab.Idustrial	187	32	150	50
	Laboratorio Altamente Automatizado HAS 200	395	58	500	> = 50
	Laboratorio Altamente Automatizado FSM 200	346	58.1	500	> = 50
	Cuarto de Control	82,7	60	150	> = 50
	Oficina Revista Tec 1	451	49	500	> = 50
	Oficina Revista Tec 2	456	65	500	> = 50
	Sala de Juntas	271	29	500	> = 50
	Oficina Revista Tec 3	232	35	500	> = 50
	Oficina Revista Tec 4	255	15	500	> = 50
	Oficina Lab Ing de Producción y Tec Industrial.	195	35	500	50

Tabla 16. Resultados Fotométricos Piso Tres Bloque 5 Facultad Tecnológica. (Autoria Propia, 2018)

De acuerdo a esto se logra dar un mejor cumplimiento y utilización de los espacios conformados en la instalación, se genera una reducción de potencia instalada en iluminación como se muestra en la tabla 17 comparando la propuesta de la nueva iluminación y la actual iluminación.

Total Luminarias	Potencia Instalada kW Actual	Área Útil Bloque 5 m²
173	12,642 KW + 0,968 KW	1.670 m²
Total Luminarias	**Potencia Instalada kW Propuesta LED**	**Área Útil Bloque 5 m²**
173	8,286 KW +/- 5%	1.670 m²

Tabla 17. Comparación Potencia Instalada Actual vs Potencia Instalada propuesta (Autoria Propia, 2018)

$$\% \text{ Reducción} = \frac{8{,}266 \text{ KW}}{12{,}642 \text{ KW} + 0{,}968 \text{ KW}} = 0{,}6073 \text{ p.u}$$

$$\% \text{ Reducción} = 0{,}6073 \text{ p.u} \times 100\ \% = 60{,}73\%$$

Lo que representa una reducción del:

Reduccion ≈ 40 % de la instalacion de iluminacion

Sumado a lo anterior se puede realizar una comparación de la eficiencia energética en la instalación del bloque cinco de acuerdo a lo estipulado en la sección 440 del RETILAP. El parámetro que mide este valor se denomina VEEEI Valor de eficiencia energética de la instalación expresado en (W/m^2), la siguiente expresión define este coeficiente:

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S \times Eprom}$$

Dónde:

P = Potencia total instalada en las bombillas más los equipos auxiliares, incluyendo sus pérdidas [W]

S = Superficie iluminada [m^2]

Eprom = Iluminancia promedio horizontal mantenida [lux]

En la Tabla 440.1 RETILAP, se indican los Valores Límite de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI) que deben cumplir los recintos interiores de las edificaciones; criterio adaptado de la norma UNE 12464-1 de 2003. La tabla 18 es tomada del RETILAP y establece los límites de VEEI dada la función de la importancia.

Grupo	Actividades de la zona	Límites de VEEI
a. Zonas de baja importancia lumínica	Administrativa en general	3.5
	Andenes de estaciones de transporte	3.5
	Salas de diagnóstico (4)	3.5
	pabellones de exposición o ferias	3.5
	Aulas y laboratorios (2)	4.0
	Habitaciones de hospital (3)	4.5
	Otros recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4.5
	Zonas comunes (1)	4.5
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Parqueaderos	5
	Zonas deportivas (5)	5
b. Zonas de baja importancia lumínica	Administrativa en general	6
	Estaciones de transporte (6)	6
	Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	Bibliotecas, museo y galerías de arte	6
	Zonas comunes en edificios residenciales	7.5
	Centros comerciales (excluidas tiendas) (9)	8
	Hostelería y restauración (8)	10
	Otros recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10
	Centros de culto religioso en general	10
	Salones de reuniones, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, y salas de conferencias (7)	10
	Tiendas y pequeño comercio	10
	Zonas comunes (1)	10
	Habitaciones de hoteles, etc	12

Tabla 440.1 Valores límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI)

Tabla 18. La Tabla 440.1 RETILAP valores límite de eficiencia energética de la instalación VEEI (Autoria Propia, 2018)

Para el ejemplo desarrollado durante esta investigación se observa que la iluminancia media promedio de las secciones y espacio e instalación del bloque cinco corresponde a Eprom = 500 lx, ya que en su gran mayoría las instalaciones son dedicadas para laboratorios y aulas tecnológicas). De acuerdo a lo anterior el VEEI contrastado entre la instalación actual y la propuesta es la siguiente se observa en la tabla 19.

Instalación	Potencia Instalada kW*	Eprom lx	Área m² SUPERFICIE ÚTIL	VEEI	Límite de Eficiencia energética de la Instalación VEEI
Actual	13,61	500	1670	1,630	4
Propuesta LED	8,286	500	1670	0,992	4
*incluyendo pérdidas					

Tabla 19. Calculo VEEI Limite de eficiencia energética de la instalación (Autoria Propia, 2018)

5.3. Métodos de análisis para la evaluación económica

Una vez establecido el objeto de la evaluación y determinados los costes y posibles beneficios, se inicia la construcción de un modelo de análisis económico. Se distinguen tres tipos de análisis económicos según las características de los beneficios:

- *Análisis de Coste – Utilidad (ACU): Los beneficios identificados se expresan en una escala de utilidad. Ayuda a establecer un orden de acuerdo a la bondad de actuaciones alternativas.*
- *Análisis de Coste - Efectividad (ACE): Compara costes en unidades monetarias con los beneficios expresados en otro tipo de unidades. Permite elegir entre alternativas que podrían cumplir un mismo objetivo con diferentes costes.*
- *Análisis de Coste – Beneficio (ACB): Expresa costes y beneficios en unidades monetarias. Permite valorar la rentabilidad de la acción según criterios objetivo.*

De acuerdo a lo anterior en el RETILAP en la sección 610.7 evaluación de costos se presenta un análisis donde se incluyen inversión inicial, costos de operación, costos de mantenimiento y reposición de los elementos cuya vida útil sea menor a 30 años. (23). Para un mayor análisis de este sistema de evaluación financiera se recomienda revisar la norma. Finalmente, para la formulación de este proyecto se decide presentar una evaluación en dos aspectos en el recambio de las luminarias de tecnología fluorescente a tecnología LED:

- Costos de Operación (Costo asociado al consumo de energía kWh): Para los costos de operación se debe tener en cuenta el costo del kWh al cual la instalación institucional factura la energía eléctrica a la comercializadora de energía o empresas prestadoras del servicio.
- Costos de mantenimiento y reposición: Los costos de mantenimiento y reposición deben contener los costos correspondientes al mantenimiento realizado a los equipos al igual que la reposición de elementos que su vida útil garantice los niveles asociados a los establecidos en la metodología de factor de mantenimiento de las instalaciones. Para un mayor conocimiento se recomienda revisar este concepto en la sección abreviaturas del presente trabajo.

Ya con estos conceptos se desarrollan dos tablas correspondientes al ANEXO J "FORMATO CUADRO DE CANTIDADES ILUMINACIÓN BLOQUE CINCO" contiene la actual existencia de cantidades comparadas con la luminaria de recambio según las recomendaciones citadas en el proceso de investigación, como se evidencia se conservan la temperatura de color y el desarrollo de un aumento en la vida útil de las nuevas luminarias y ANEXO K "RETORNO DE INVERSION ILUMINACIÓN BLOQUE CINCO. (FORMATO)". La tabla 20 corresponde al formato de cantidades del proyecto.

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FC - TÉCNOLOGICA

	Descripción	Tipo de luminaria existente	Cantidad	Tipo de luminaria reem-plazo	Cantidad
Bloque 5	Lumicel 60 x 60 4 x17 W T8 Rejilla aluminio especular de 16 celdas (4x4) para incrustar	Fluorescente	132	Panel 60x60 38W CHIP EPISTAR WW MV6500K 110V-277 V vida util 60000 horas	132
	Stand luminarias industrial 20x120 - 2x32W T8 para sobreponer	Fluorescente	11	Linear flat 28W LED SL LSLINE AR 28W 6500 K,2700 lm, aluminio extruido chip samsung	11

Tabla 20. Anexo J "Formato Cuadro De Cantidades Iluminación Bloque Cinco"

Ya con las cantidades se procede a elaborar el cálculo de retorno de inversión de las luminarias del bloque cinco cuyo resultado se puede observar en el ANEXO K, para su desarrollo se calcula el kWh correspondiente al contrastar las dos tecnologías donde se observa claramente una disminución aproximada del 50%. Se realiza la consulta del valor correspondiente al kWh para la institución cuyo valor para el mes de febrero del año 2018 se encuentra en $476,2716 kWh, luego se realiza una estimación del costo en tres periodos: periodo 12 horas de evaluación, periodo mensual 26 días (se estiman estos como días hábiles del edificio) y periodo anual. Los demás conceptos que se incluyen en el cálculo son:

- Inversión repotenciación luminarias: Según los datos aportados a nivel nacional para un reemplazo de las tecnologías Fluorescentes del edificio a tecnología LED se necesitaría una inversión de $20'570.0000 pesos m.l.c.

- Costo mantenimiento recambio – reemplazo tubos: se realiza con los costos actuales promedio de mantenimiento de una instalación interior y el costo de reemplazo para tubos fluorescentes T8 17 W y T8 32 W según lo que se evidencia en el mercado nacional eléctrico.

Finalmente se evidencia los resultados en la tabla 21 correspondientes al ANEXO K, y de acuerdo con lo establecido en la fórmula para costo anual equivalente (23) el retorno de la inversión bajo este modelo de CAUE se alcanzaría en un tiempo de 2,4 años e incluyendo los costos de mantenimiento se lograría retornar la inversión en 1,7 años solo con la variable correspondiente al ahorro energético generado en la nueva instalación.

RETORNO DE INVERSIÓN RECAMBIO LUMINARIAS BLOQUE CINCO

Luminarias Proyectadas LED	Consumo	Cantidades	Consumo Total (W)
Panel 60x60 38W CHIP EPISTAR 6500 K	38	132	5016
Linear Flat 28 W LED SL LNEAR 28 W 6500 K	28	11	308
		Total (W)	5324
		Total (kW)	5,3

Luminarias Existentes	Consumo + Perdidas(W)	Cantidades	Consumo Total (W)
Lumicel 60X60 4x17W T8 Rejilla Al	71,4	132	9424,8
Stand Lumi Industrial 20x120 - 2X32W	67,2	11	739,2
		Total (W)	10164
		Total (kW)	10,2

Valor energia comercial: $476.2716/KWh(*)	TECNOLOGÍA: COSTO/ CONSUMO LED PROPUESTO	TECNOLOGÍA: COSTO/ CONSUMO FLUORESCENTE/ METAL HALIDE EXISTENTE	AHORRO: LED Vs FLUORESCENTE/METAL HALIDE EXISTENTE + MANTENIMIENTO
Potencia total (W)	5.324	10.164	4.840,00
Potencia total (kW)	5,3	10,2	4,84
Costo por hora	$ 2.535,7	$ 4.840,8	$ 2.305
Costo por 12 horas al día	$ 30.428,0	$ 58.089,9	$ 27.662
Costo mensual (26 días)	$ 791.129,0	$ 1.510.337,3	$ 719.208
Costo anual (12 meses)	$ 9.493.548,5	$ 18.124.047,1	$ 8.630.499
Costo 18 meses	$ 14.240.322,7	$ 27.186.070,6	$ 12.945.748
Costo futuro a 3 años (36 meses)	$ 28.480.645,4	$ 54.372.141,3	$ 25.891.496
Inversión Repotenciación Luminarias Led	$ 20.570.000		
Retorno de inversión (Ahorro consumo Ener.)	2,4		Años
Retorno de inversión (Ahorro consumo Ener. + Ahorro Mantenimiento Anual)	1,7		Años

Costo Mantenimiento Mano de Obra / Recambio Bombillos / Tubos	
Cambio Bom MH + Balasto 1 Vez en 5 años	$ 17.080.000
Costo Mantenimiento 5 años	$ 17.080.000
Costo Mantenimiento Anual	$ 3.416.000

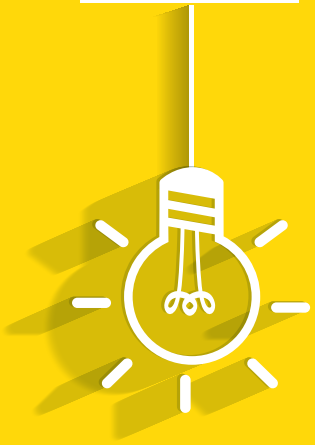
BENEFICIOS
1. Ahorro de energia 63.5 % Por concepto de Iluminación
2. Ahorrro en Mantenimiento en cambio de tubos fluorescentes, bombillas MH y balastos
3. Aumento de nivel de iluminacion de 60 %

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Tabla 21. Anexo K "Retorno De Inversion Iluminación Bloque Cinco (13)

Bajo este estudio económico y los aspectos técnicos debe definirse la ruta a tomar en el proyecto de optimización energética, no solo se actualizan como tal los equipos implícitos, sino que se desarrolla una investigación más personalizada para el edificio que desea acreditarse bajo LEED®. Actualmente el edificio bloque cinco no cumple técnicamente con algunos prerrequisitos básicos, pero puede funcionar para iniciar para implementar un piloto en conjunto con otras áreas de la ingeniera donde se logren mejoras en aspectos constructivos como es el aislamiento térmico, la implementación de sistemas eficientes, el cambio de gamas internas de colores, el rediseño pasivo de la edificación y la elaboración de controles de iluminación según la demanda actual de la edificación.

6 ANEXO TABLAS



ANEXO TABLAS PARA USUARIOS Y CONSTRUCTORES.

Anexo A Lista de chequeo exigencias RETIE

Ítem	Aspecto	Si	No
a	Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos		
b	Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico		
c	Análisis de corto circuito y falla a tierra		
d	Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos		
e	Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos		
f	Análisis del nivel tensión requerido		
g	Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1		
h	Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga		
i	Cálculo del sistema de puesta a tierra		
j	Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía		
k	Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente		
l	Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos		
m	Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A		
n	Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.)		
o	Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia		
p	Cálculos de regulación		
q	Clasificación de áreas		
r	Elaboración de diagramas unifilares		
s	Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción		

t	Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares		
u	Establecer las distancias de seguridad requeridas		
v	Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación		
w	Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas		

Anexo B Lista de chequeo RETILAP proceso diseño detallado 2013

Ingresa al siguiente código QR para descargar el anexo B

Anexo C Protocolo de cumplimiento prerrequisitos LEED® Nivel Energético Instalación

Ingresa al siguiente código QR para descargar el anexo C

Anexo D Crédito EYA optimización de la eficiencia energética institucional Energy Star

Ingresa al siguiente código QR para descargar el anexo D

Anexo E Planos eléctricos bloque 5 facultad Tec

Ingresa al siguiente código QR para descargar el anexo E

Anexo F Panel 60x60 38w Epistar Stnd

Ingresa al siguiente código QR para descargar el anexo F

Anexo J Formato cuadro de cantidades iluminación bloque cinco

Ingresa al siguiente código QR para descargar el anexo J

Anexo K Retorno de inversion iluminación bloque cinco. (formato)

Ingresa al siguiente código QR para descargar el anexo K

1 de mayo de 2005

RETIE

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas

Y

1 de abril de 2010

RETILAP

Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

¿QUÉ ES?

Es un documento técnico legal Colombiano de obligatorio cumplimiento, que establece medidas para garantizar buenas practicas eléctricas y hacer que una instalación eléctrica sea lo mas segura posible.

¿CUÁL ES EL OBJETIVO?

Lograr que las instalaciones y equipos usados en la generación y utilización de la energía eléctrica garanticen:

- La protección de la vida y la salud humana.
- La protección de la vida animal y vegetal.
- La preservación del medio ambiente.

¿A QUÉ SE APLICA?

- Toda instalación eléctrica nueva.
- Toda ampliación o remodelación de una instalación eléctrica.
- 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.

¿QUÉ ES?

Es el reglamento que establece los requisitos y medidas que deben seguir obligatoriamente las empresas que trabajan en el sector de la iluminación y el alumbrado público.

¿CUÁL ES EL OBJETIVO?

Establecer los parámetros que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público para garantizar:

- Los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual.
- Seguridad en el abastecimiento energético.
- La protección del consumidor
- La preservación del medio ambiente.
- La prevención y eliminación de riesgos originados por los sistemas de iluminación.

¿A QUÉ SE APLICA?

- Toda instalación de iluminación nueva.
- Toda ampliación de instalaciones de iluminación.
- Toda remodelación de instalaciones de iluminación o alumbrado público.

DATO EXTRA



INSPECCIÓN ELÉCTRICA

Es una **revisión** de observación, medición, verificación y evaluación, para **indicar** que una **instalación eléctrica** fue realizada cumpliendo con los **requerimientos** establecidos por el **RETIE** y el **RETILAP**.

Al concluir el proceso de inspección se emite el certificado de conformidad.

Tomado de: Colombiana de Ingeniería y Suministros / http://www.colombianaing.com
Eléctrica aplicada / www.electricaplicada.com

BIBLIOGRAFÍA

[1] Ley 142 de 1994 (1994).

Ley 13 de Mayo de 2014, REGULACIÓN DE INTEGRACION DE LAS ENERGIAS RENOVABLES NO CONVECIONALES AL SISTEMA ELECTRICO NACIONAL (2014).

Autoria Propia, A. (2018). referencia propia. bogota.

CIRCUTOR. (2008). GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA. España.

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (s.f.). Consejo Colombiano de Construcción Sostenible – CCCS. Obtenido de https://www.cccs.org.co/wp/recursos/

DESARROLLO ECONOMICO LOCAL . (2015). Inciativas económicas para el desarrollo local:viabilidad y planificación.

ENERLIS - ERNST & YOUNG - FERROVIAL AND MADRID NETWORK. (2012). LIBRO BLANCO SMART CITIES. España: Imprintia.

ISO. (2011). Energy Management Systems - Requirements with Guidance for use. ISO .

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (2008). SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA. Bogotá: Digitos & Diseños.

Ministerio de Minas y Energía. (2013). Reglamento Técnico d Iluminación y Alumbrado Público. Bogotá.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (2015). RETIE. Bogotá.

MORATO, A. F. (2016). OPTIMIZACION DEL DISEÑO ELECTRICO DE UN HOTEL PARA CUMPLIR CON LOS ESTANDARES DE CERTIFICACION LEED®. BOGOTÀ: UNIVERSIDAD DE LA SALLE.

Parga, D. J. (2015). IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CERTIFICACIÓN LEED® EN COLOMBIA. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.

PHILIPS. (2016). SISTEMAS DE CONTROL DE ILUMINACIÓN INTERIOR.

Restrepo, J. E. (s.f.). Metodología para la evaluación energética de edificios comerciales en Colombia basados en estándares y normas internacionales. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia .

ROSADO, G. A. (2011). ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS PARA UN PROYECTO DE HOTEL Y OFICINAS LEED® CERTIFICADO 3.0 EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ. Bogotá: PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA.

SAMA. (2014). OPTIMIZACIÓN DEL USO DE LA ENERGÍA EN EDIFICIOS: DESARROLLO DE INTERFAZ PARA ENERGYPLUS. Universidad Nacional de San Juan.

Tiempo, E. (09 de 04 de 2017). 'Cambio climático y lluvias, entre las causas del desastre' de Mocoa. EL TIEMPO , pág. 2.

Turner, W. C. (s.f.). Energy Managment Handbook. Stillwater, Oklahoma: EDITORIAL BOARD.

U.S . GREEN BUILDING COUNCIL USGBC. (s.f.). FAQ. Obtenido de http://www.usgbc.org/

USGBC. (2014). LEED V4 para desarrollo Urbano.

USGBC. (s.f.). GUÍA DE CONCEPTOS LEED. USA.



OPTIMIZACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS

En instalaciones Institucionales Colombianas bajo proceso de acreditación LEED

Basado en normatividad nacional e internacional.

Esta cartilla propone una metodología para optimización energética encaminada a ser pie de apoyo a constructores, instaladores y a la comunidad interesada, por su aspecto multidisciplinar existe la posibilidad de ampliar los niveles de optimización de acuerdo a otras áreas de la ingeniería presentes en la construcción de edificaciones Colombianas.